621.39
Э 45

ЭЛЕКТРОННО-ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ КОММУТАЦИИ

ЭЛЕКТРОННО-ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ КОММУТАЦИИ
ЭЛЕКТРОННО-ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ КОММУТАЦИИ
ЭЛЕКТРОННО-ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ КОММУТАЦИИ
ЭЛЕКТРОННО-ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ КОММУТАЦИИ

«РАДИО И СВЯЗЬ»

621.39
Э45

ЭЛЕКТРОННО-ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ КОММУТАЦИИ

Допущено Министерством связи СССР в качестве учебного пособия для студентов электротехнических институтов связи по специальности 0702

10
2020
-2013

Москва
«Радио и связь»
1985

ПЕРЕВІРЕНО
621.395.44:621.376.56(075)

ББК 32.883
Э45
УДК 621.395.44:621.376.56

И. Ф. Болгов, Т. И. Гуан, О. А. Соболев, А. В. Танько

Э45 **Электронно-цифровые** системы коммутации: Учеб. пособие для вузов/И. Ф. Болгов, Т. И. Гуан, О. А. Соболев, А. В. Танько. — М.: Радио и связь, 1985. — 144 с., ил.

35 к.

Излагаются принципы построения интегральных цифровых систем связи. Рассматриваются различные способы образования и использования импульсных каналов для передачи речевой информации. Приводятся структурные и функциональные схемы электронных узлов коммутации на базе применения амплитудно-импульсной, импульсно-кодовой и дельта-модуляции. Раскрывается сущность процессов обслуживания вызовов и передачи информации на интегральной цифровой сети связи. Освещаются вопросы взаимодействия на сетях связи аналоговых и цифровых узлов коммутации.

Для студентов вузов связи, обучающихся по курсу «Автоматические системы коммутации».

Э 2402040000—007 / 046(01)—85 91—85

ББК 32.883
6Ф1

95484

Рецензенты: В. А. ЕРШОВ, М. А. ЖАРКОВ

Редакция литературы по вопросам электросвязи

Игорь Федорович Болгов, Татьяна Ивановна Гуан,
Олег Алексеевич Соболев, Аркадий Васильевич Танько

ЭЛЕКТРОННО-ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ КОММУТАЦИИ

Редактор *Е. А. Образцова*
Обложка художника *Р. А. Клочкова*
Художественный редактор *Т. В. Бусарова*
Технический редактор *А. Н. Золотарева*
Корректор *Л. С. Глаголева*

ИБ № 646

Сдано в набор 28.08.84 Подписано в печать 13.11.84
Т-21166 Формат 60×90/16 Бумага кн.-журнальная Гарнитура литературная
Печать высокая Усл. печ. л. 9,0 Усл. кр.-отт. 9,375 Уч.-изд. л. 9,87 Тираж 13 000 экз.
Изд. № 20404 Зак. № 87 Цена 35 к.
Издательство «Радио и связь». 101000 Москва, Почтамт, а/я 693

Московская типография № 5 ВГО «Союзучетиздат»
101000 Москва, ул. Кирова, д. 40

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА
им. 50-летия Октября

© Издательство «Радио и связь», 1985

ПРЕДИСЛОВИЕ

Народное хозяйство страны предъявляет большие требования к средствам связи. При этом объем передачи различного вида информации по каналам электрической связи из года в год возрастает. Решениями XXVI съезда КПСС предусмотрено дальнейшее значительное развитие всех видов связи. Протяженность каналов междугородной телефонной связи должна увеличиться в 1,9 раза, а емкость телефонных станций в городах и сельской местности должна возрасти в 1,3 раза.

Перед вузами нашей страны стоит неотложная задача: в короткий срок подготовить специалистов, способных решать вопросы организации интегральных цифровых сетей связи (ИЦСС). Это связано с установкой в ближайшем будущем на телефонных сетях страны электронных узлов коммутации с программным управлением.

Учебными планами вузов связи предусматривается изучение студентами принципов построения и функционирования узлов коммутации с программным управлением и организации ИЦСС. Однако из-за ограниченного объема часов, отводимого на изучение этих вопросов, основное внимание в книге уделяется изучению систем АТС квазиэлектронного типа. В предлагаемом учебном пособии раскрываются те особенности узлов коммутации и организации ИЦСС, которые недостаточно отражены в имеющихся учебниках. В частности, использование дельта-модуляции для образования импульсно-временных каналов связи, коммутационные поля электронных узлов коммутации (ЭУК) со сверхуплотнением, вопросы программной организации процессов обслуживания вызовов, принципы синхронизации на ИЦСС, а также вопросы взаимодействия станций ИЦСС и существующих телефонных сетей.

Введение, гл. 3, 7, § 8.1 и 8.3 написаны Т. И. Гуан, гл. 1, 2, 4 и 5 — О. А. Соболевым, гл. 6, § 8.2 — А. В. Танько, § 8.4 — И. Ф. Болговым.

Замечания и предложения по книге просьба направлять в издательство «Радио и связь» по адресу: 101000, Москва, Почтамт, а/я 693

Авторы

ВВЕДЕНИЕ

В развитии техники автоматической коммутации четко прослеживаются три этапа. На первом этапе (30-е годы нашего столетия) для автоматической коммутации использовались электромеханические искатели (декадно-шаговые, машинные, моторные и др.). В процессе эксплуатации коммутационных систем со щеточными искателями были выявлены следующие существенные недостатки: невысокая надежность действия коммутационных приборов, большие затраты труда на обслуживание станционного оборудования, низкое качество разговорного тракта, сложная технология производства искателей.

Второй этап приходится на послевоенное время, когда начались массовое производство и внедрение в эксплуатацию координатной коммутационной техники, способствующей качественному прогрессу в развитии автоматической электросвязи. Этот процесс продолжается и в настоящее время. Однако, несмотря на ряд преимуществ и достоинств, координатная техника не внесла в средства коммутации революционных преобразований, так как она в конечном счете базируется на тех же элекромеханических принципах, которые присущи технике коммутации первого этапа развития. Недостатками АТС координатных систем являются относительно высокая стоимость изготовления, монтажа и обслуживания, большие габаритные размеры и масса оборудования, значительное потребление электроэнергии и малое быстродействие.

Качественно новый скачок в развитии автоматической коммутационной техники произошел после изобретения транзистора, внедрения электроники и электронных вычислительных машин в самые различные отрасли народного хозяйства.

Для создания качественно новых АТС потребовались почти два десятилетия, значительные творческие усилия и огромные финансовые затраты. Первые шаги были сделаны в направлении разработки полностью электронных АТС по аналогии с электромеханическими системами путем простой замены металлических контактов электронными. Эти попытки оказались неудачными, так как не удалось найти равноценного эквивалента для контактов, образующих коммутационные поля разговорных трактов.

В дальнейшем создание новых систем АТС пошло по двум путям. Первый — разработка квазиэлектронных АТС, в которых

основу коммутационного поля составляют металлические контакты быстродействующих реле или других электромагнитных устройств, а электронная техника используется в приборах управления. Квазиэлектронные АТС в настоящее время широко распространены во многих странах мира и считаются перспективными автоматическими системами коммутации.

Вторым путем явилась разработка полностью электронных АТС/АТСЭ. Различают следующие разновидности коммутационных полей в АТСЭ: пространственного этапа, по принципу частотного разделения каналов и по принципу образования разговорных трактов, разделенных во времени. Коммутационные поля пространственного типа, аналогом которых являются поля с электромеханическими точками коммутации, не нашли широкого применения из-за несовершества электронных контактов, через которые образуется разговорный тракт.

В АТСЭ с частотным разделением каналов (ЧРК) коммутационное поле представляет собой общую цепь системы передачи, в которой происходит коммутация частотно-модулированных сигналов, поступающих от различных входных каналов. Принцип ЧРК также не нашел практического применения для построения коммутационных полей АТСЭ. Однако идея коммутации посредством общих цепей была использована для построения АТСЭ с временны́м разделением каналов. В таких АТСЭ информация от различных источников поступает в общую цепь коммутационного поля не непрерывно, а в виде, например, амплитудно-модулированных импульсных последовательностей с определенным сдвигом во времени. В зависимости от способа передачи речевой информации по импульсным каналам различают два типа АТСЭ с временны́м разделением каналов: с аналоговыми и цифровыми методами импульсной модуляции.

Станции с аналоговыми методами импульсной модуляции [амплитудно-импульсная модуляция (АИМ), широтно-импульсная модуляция (ШИМ), время-импульсная модуляция (ВИМ)] нашли применение лишь в системах связи специального назначения. Недостатки, присущие аналоговым методам импульсной модуляции, заставили усиленно искать такие способы передачи информации, при которых она может передаваться в чисто цифровой форме. Результатом решения этой проблемы явилось создание АТСЭ с цифровыми методами импульсной модуляции [импульсно-кодовая (ИКМ) и дельта-модуляция (ДМ)].

Способы передачи информации в цифровой форме были использованы для создания интегральных сетей связи.

Теоретические основы цифровой коммутации были сформулированы еще в 30-х годах нашего столетия, однако практическое применение систем передачи с ИКМ началось только в конце 50-х годов, когда был достигнут значительный прогресс в производстве микроэлектронных схем. В настоящее время системы передачи с ИКМ широко используются во многих странах.

В последнее десятилетие в области автоматической электросвязи особое внимание стало уделяться созданию интегральных систем и сетей связи. Интегральная система связи представляет собой автоматизированную систему связи, в которой передача всех видов информации и коммутация осуществляются в единой цифровой форме. Такая система позволяет наилучшим образом унифицировать сеть для передачи различных видов информации.

В настоящее время работы по созданию интегральных сетей связи интенсивно проводятся в нашей стране и за рубежом. Интегральные сети строятся в основном на базе временно́го разделения каналов с применением цифровых методов передачи информации на основе импульсно-кодовой или дельта-модуляции. По этой причине интегральные сети связи называют также цифровыми. Переход к интегральным цифровым сетям связи приводит к сокращению коммутационного и каналообразующего оборудования, обеспечивает стандартизацию и унификацию аппаратуры связи, что позволяет получить значительный экономический эффект как при производстве оборудования, так и при его эксплуатации.

На телефонных сетях нашей страны намечается в ближайшем будущем установка АТСЭ с временны́м разделением каналов на основе применения ИКМ и решается вопрос использования таких АТСЭ для организации интегральных цифровых сетей связи.

1. ПРИНЦИПЫ ОБРАЗОВАНИЯ ИМПУЛЬСНЫХ КАНАЛОВ

1.1. АНАЛОГОВЫЕ МЕТОДЫ ИМПУЛЬСНОЙ МОДУЛЯЦИИ

Поиск эффективных технических решений для создания электронных систем коммутации сопровождался научными исследованиями, в основе которых всегда лежали новейшие достижения науки и техники в области передачи и коммутации электрических сигналов. Только тогда, когда были изобретены и исследованы методы передачи по линиям связи и коммутации на узлах речевых (аналоговых) сигналов в цифровой форме, создание электронных систем коммутации стало реальным. Для изучения принципов построения и функционирования электронно-цифровых систем коммутации необходимо прежде всего уяснить процессы преобразования аналоговых сигналов в цифровую форму и процессы обратного преобразования.

Любой непрерывный электрический сигнал согласно теореме отсчета, сформулированной и доказанной академиком В. А. Котельниковым, можно передать по линии связи мгновенными значениями этого сигнала (отсчетами), если частота их следования f_0 не менее чем в 2 раза будет превышать максимальную частоту непрерывного сигнала $f_{c\,max}$, т. е. если $f_0 \geqslant f_{c\,max}$.

Информацию о мгновенных значениях непрерывного сигнала можно получить в форме амплитудно-модулированных импульсов. Импульсы прямоугольной формы с периодом следования $T_0 = 1/f_0$ и шириной $\tau_и$ (рис. 1.1,*а*) вырабатываются импульсным генератором. Если последовательность таких импульсов $P(t)$ использовать для периодического включения электронного ключа ЭКл (рис.

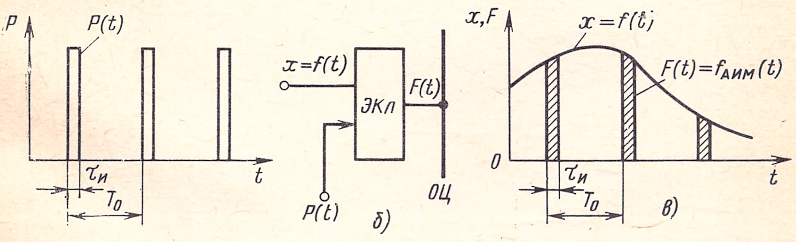

Рис. 1.1

1.1,*б*), соединенного с электрической шиной ОЦ (общая цепь), и одновременно на вход ЭКл подавать аналоговый сигнал $x=f(t)$ произвольной формы (например, речевой сигнал), то на выходе ЭКл, а следовательно, и в ОЦ появится модулированный сигнал $F(t)$ в виде последовательности импульсов разной амплитуды (рис. 1.1,*в*). Описанный процесс преобразования непрерывного сигнала в последовательность импульсов называется **амплитудно-импульсной модуляцией** (АИМ), а форма представления АИМ сигнала — **дискретизацией**.

Для аналогового сигнала разговорного спектра шириной 0,3—3,4 кГц необходимым условием преобразования, обеспечивающим распознавание АИМ сигналов на приемном конце линии передачи, будет $f_0 \geqslant 6{,}8$ кГц. Если принять $f_0=8$ кГц, то период следования модулируемых импульсов $T_0=125$ мкс. Ширина импульса $\tau_и$ определяет энергию передаваемого сигнала: чем больше $\tau_и$, тем больше энергии аналогового сигнала переносит последовательность импульсов. Практически ширину импульса выбирают в пределах 0,5—10 мкс.

По одной общей цепи можно одновременно и независимо передавать несколько сообщений (аналоговых сигналов) в форме АИМ сигналов. Для этого импульсный генератор должен вырабатывать несколько последовательностей импульсов P_i $(i=1, 2, ...)$ с одинаковыми параметрами T_0 и $\tau_и$, однако импульсы разных последовательностей не должны совпадать во времени (рис. 1.2,*а*). Если представить, что к одной ОЦ через индивидуальные ЭКл подключено большое число источников аналоговых сигналов, например телефонных аппаратов, то, управляя включением ЭКл с помощью импульсных последовательностей P_i, можно осуществить

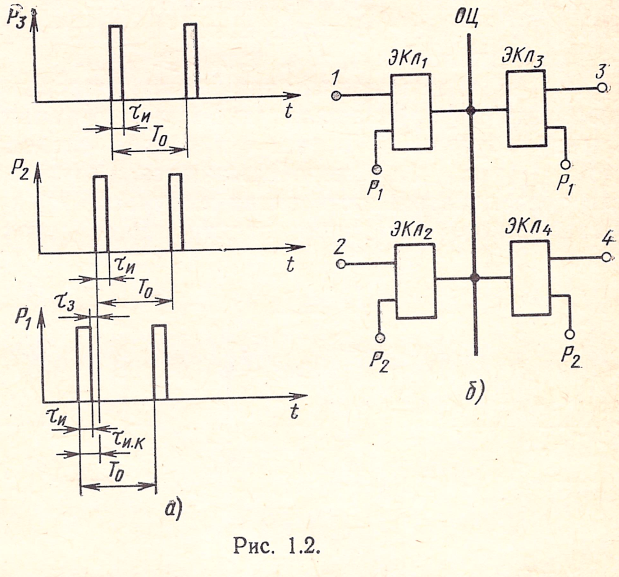

Рис. 1.2.

связь одновременно нескольких пар телефонных аппаратов. Эту процедуру поясняет рис. 1.2,*б*. К ОЦ подключены четыре источника аналоговой информации *1—4*. Импульсы последовательности P_1 синхронно включают ЭКл$_1$ и ЭКл$_3$, в результате чего образуется тракт передачи в ОЦ для связи источников *1* и *3*. Импульсы последовательности P_2 управляют включением ЭКл$_2$ и ЭКл$_4$, через которые в ОЦ образуется отдельный тракт для связи источников *2* и *4*.

Если импульсы двух рядом расположенных последовательностей генерируются непосредственно один за другим, то неизбежно возникнут взаимные электрические влияния, которые практически будут проявляться в виде переходных разговоров. Для устранения этого необходимо импульсы двух соседних импульсных последовательностей разделить защитным временны́м интервалом $\tau_з=0{,}3$—3 мкс. Суммарное время $\tau_и+\tau_з=\tau_{и.к}$, выделяемое в ОЦ за период T_0 для одного отсчета значения амплитуды аналогового сигнала в процессе АИМ, определяет время, отводимое для одного импульсного канала. Очевидно, в одной ОЦ за время T_0 можно образовать $k=T_0/\tau_{и.к}=T_0/(\tau_и+\tau_з)$ импульсных каналов.

Общая цепь по существу является одной из основных частей коммутационного поля электронной АТС с временны́м делением на основе АИМ (АТСЭ типа ВД-АИМ). Реально в одной ОЦ можно организовать не более 100 импульсных каналов. Импульсные каналы подобны шнуровым комплектам обычных АТС. Если любой импульсный канал можно использовать для образования разговорного тракта между любой парой абонентов, то одна ОЦ, коммутирующая 100 импульсных каналов, практически в состоянии обслужить нагрузку от 2000 источников. Этим определяется предельная емкость АТСЭ типа ВД-АИМ при наличии одной ОЦ. Такие АТСЭ должны обеспечивать не только амплитудную модуляцию, но и восстановление АИМ сигналов в первоначальную аналоговую форму. С этой целью на приемном конце разговорного тракта у каждого источника необходимо иметь фильтр нижних частот для выделения из АИМ сигналов низкочастотных составляющих и усилитель низкой частоты для компенсации потери энергии, обусловленной процессом модуляции.

В системах передачи сигналов наряду с методом амплитудно-импульсной модуляции нашли применение и другие аналоговые методы модуляции: ш и р о т н о - и м п у л ь с н а я м о д у л я ц и я (ШИМ) и ф а з о и м п у л ь с н а я м о д у л я ц и я (ФИМ) (рис. 1.3). В основе ШИМ лежит метод использования для передачи дискретных значений аналогового сигнала импульсов постоянной амплитуды, но разной ширины. Если широтно-модулированные импульсы заменить импульсами постоянных амплитуды и длительности, но располагать их соответственно положениям меняющихся срезов широтно-модулированных импульсов, то будет иметь место ФИМ.

Общим недостатком описанных аналоговых методов импульсной модуляции являются жесткие требования к электрическим

параметрам линий связи, используемых для передачи модулированных сигналов. Это обусловлено влиянием помех, которые, накладываясь на модулированные импульсы, изменяют их форму,

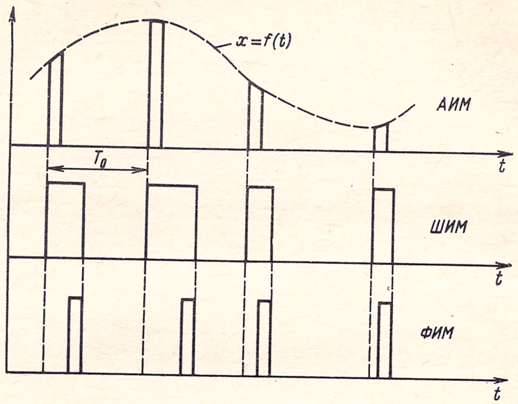

Рис. 1.3

что на приемной стороне проявляется в виде шума. Чем длиннее тракт передачи, тем больше величина шума, так как искажения, которым подвергаются импульсы на отдельных участках тракта, суммируются.

1.2. ЦИФРОВЫЕ МЕТОДЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ АНАЛОГОВЫХ СИГНАЛОВ

ИКМ-преобразование. Ограничения, вызываемые невозможностью практически передавать АИМ сигналы по линиям связи, потребовали поиска других способов преобразования речевых сигналов. Одним из таких способов, который получил к настоящему времени широкое распространение при организации полностью электронных систем коммутации, является способ преобразования аналоговых сигналов на основе импульсно-кодовой модуляции (ИКМ).

Процесс ИКМ-преобразования аналогового сигнала состоит из последовательного выполнения трех процедур: дискретизации, квантования и кодирования. Дискретизация заключается в представлении аналогового сигнала в дискретном виде с помощью АИМ преобразования.

Математически процедура дискретизации может быть описана выражением $F=(t)=f(t)P(t)$, где $F(t)$ — функция, описывающая последовательность амплитудно-модулированных импульсов; $f(t)=x$ — периодическая (в общем случае негармоническая) функция напряжения модулирующего аналогового сигнала частотой f_m; $P(t)$ — функция, описывающая последовательность периодически повторяющихся одинаковых прямоугольных импульсов с периодом следования $T_0=1/f_0$.

Представив $f(t)$ и $P(t)$ с помощью ряда Фурье:

$$f(t)=\frac{a_{m_0}}{2}+\sum_{q=1}^{n} A_{mq}\sin(q\,\omega_m t+\varphi_{mq});\quad P(t)=\frac{a_0}{2}+\sum_{l=1}^{\infty} A_l\sin(l\,\omega_0 t+\varphi_l),$$

получим общее выражение для $F(t)$:

$$F(t)=\frac{a_0\,a_{m_0}}{4}+\frac{a_0}{2}\sum_{q=1}^{n} A_{mq}\sin(q\,\omega_m t+\varphi_{mq})+\frac{a_{m_0}}{2}\sum_{l=1}^{\infty} A_l\sin(l\,\omega_0 t+\varphi_l)+$$

$$+\sum_{l=1}^{\infty}\sum_{q=1}^{n}\frac{A_l\,A_{mq}}{2}\{\cos[(l\,\omega_0-q\,\omega_m)\,t+\varphi_l-\varphi_{mq}]-$$

$$-\cos[(l\,\omega_0+q\,\omega_m)\,t+\varphi_l-\varphi_{mq}]\}.$$

Это выражение описывает спектр последовательности АИМ импульсов с произвольной формой вершины. Такая разновидность АИМ получила название амплитудно-импульсной модуляции первого рода, в отличие от АИМ второго рода, при которой амплитуда импульса определяется текущим значением модулирующего сигнала в момент отсчета, а его вершина остается плоской.

Процедура квантования сводится к определению значения амплитуды каждого дискретного АИМ сигнала. Для этого выбирается некоторая шкала (шкала квантования), длина которой определяется нижним и верхним значениями уровней модулирующего аналогового сигнала. Число уровней шкалы зависит от системы кода, принятой для выполнения третьей процедуры ИКМ преобразования — кодирования значений амплитуд дискретов АИМ сигнала. Для кодирования удобно использовать равномерный двоичный код. В этом случае число уровней квантования определяется как 2^n, где $n=1, 2, \ldots$ — число элементов кода. На рис. 1.4 графически показана процедура преобразования аналогового сигнала $x=f(t)$ в сигналы ИКМ.

Сигнал $f(t)$ модулирует импульсную последовательность с параметрами T_0 и $\tau_{и.к}$. Для квантования модулированных импульсов выбран трехэлементный двоичный код ($n=3$). Поэтому шкала квантования содержит восемь уровней $\overline{0,7}$ ($2^n=8$) с шагом квантования Δ. Каждому уровню соответствует свое значение кода. Определяя значения амплитуд дискретов АИМ сигнала по шкале квантования, можно записать эти значения в виде кодовых комбинаций (групп) из логических единиц (1) и нулей (0). Таким образом, в результате ИКМ преобразования аналоговый сигнал представляется в цифровой форме.

Если логической 1 поставить в соответствие электрический импульс и логическому 0 — паузу, то значение амплитуд дискретов можно передавать по линии связи в виде кодовых групп сигналов, представляющих комбинацию импульсов одинаковой амплитуды и пауз. На рис. 1.4 в качестве примера приведена кодовая группа, определяющая амплитуду дискрета АИМ сигнала шестого уровня, имеющего код 110. Поэтому такая кодовая группа будет поступать в линию связи в виде комбинации из двух импульсов и паузы. Одна кодовая группа должна передаваться по линии

за время, отводимое для одного импульсного канала, т. е. за время $\tau_{и.к}$. При этом время передачи одного элемента кода (импульса или паузы) составляет $\tau_{и.к}/n = \tau_{и.к}/3$.

Значения амплитуд дискретов, определяемых по шкале квантования, не точно соответствуют значениям амплитуд аналогово-

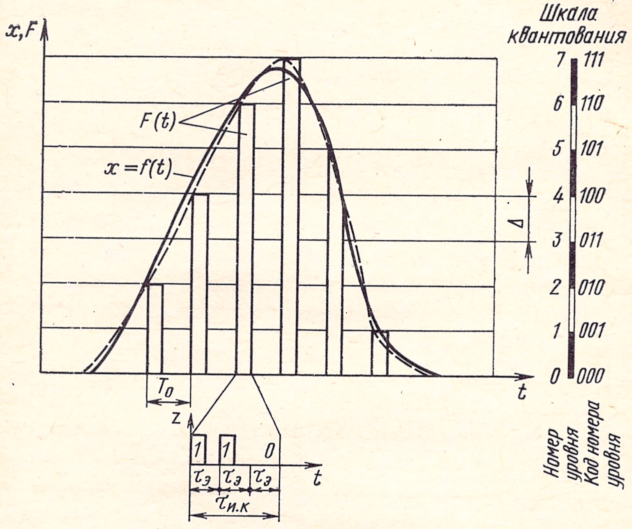

Рис. 1.4

го сигнала в моменты отсчетов. Поэтому в линию передается не истинное значение амплитуды аналогового сигнала, а приближенное, определяемое значением ближайшего уровня квантования. На приемном конце линии исходный аналоговый сигнал будет воспроизведен в искаженном виде, соответствующем кривой, изображенной на рис. 1.4 штриховой линией. Искажение проявляется как помеха, называемая шумом квантования.

Степень искажения определяется средним значением ошибки квантования, которая при шаге квантования Δ равна $\Delta/2$. Эта ошибка тем меньше, чем меньше Δ. Уменьшение Δ возможно путем увеличения числа уровней квантования 2^n. В табл. 1.1 приведена субъективная оценка качества речи, передаваемой по линии связи в виде ИКМ сигналов, в зависимости от числа уровней квантования.

Способ ИКМ преобразования аналоговых сигналов используется на линиях связи с временны́м разделением каналов. Широкое распространение получила 32-канальная система передачи с ИКМ на участках соединительных линий между АТС на местных телефонных сетях. В качестве стандартной МККТТ рекомендует систему ИКМ преобразования со следующими параметрами: число импульсных каналов $k=32$; частота дискретизации $f_0=8$ кГц; период следования канальных импульсов, определяющий длитель-

Таблица 1.1

Оценка качества речи	Число уровней квантования 2^n	Число элементов кода n
Очень плохое	$2^3=8$	3
Плохое	$2^4=16$	4
Удовлетворительное	$2^5=32$	5
Хорошее	$2^6=64$	6
Очень хорошее	$2^7=128$	7
Отличное	$2^8=256$	8

ность одного цикла образования 32 каналов, $T_0=1/f_0=125$ мкс; время, отводимое для одного канала, $\tau_{и.к}=T_0/k=3{,}92$ мкс; число элементов кода в кодовой группе $n=8$, что определяет число уровней квантования $2^n=256$; время передачи одного элемента кода $\tau_э=\tau_{и.к}/n=0{,}49$ мкс; частота следования элементов кода в групповом ИКМ тракте $f_э=f_0kn=2048$ кГц, что соответствует скорости передачи информации по линии связи $v=2{,}043$ Мбит/с.

Функциональная схема системы передачи ИКМ-30 изображена на рис. 1.5[1]. Система является четырехпроводной, обеспечивает двусторонний обмен информацией одновременно для 30 пар источников по общей уплотненной соединительной линии и состоит из двух одинаковых полукомплектов (станций), включенных в эту линию.

Каждый полукомплект содержит четырехпроводную общую цепь ОЦ, которая состоит из двух шин: передачи (Пер) и приема (Пр). К ОЦ с одной стороны через элементы индивидуального оборудования подключаются 30 источников информации, например телефонных аппаратов. На рис. 1.5 показаны элементы индивидуального оборудования только для одного источника. К ним относятся стандартная дифференциальная система ДС, два электронных ключа ЭКл₁ и ЭКл₂, фильтр нижних частот ФНЧ и усилитель низкой частоты УНЧ. С другой стороны к ОЦ подключены групповые устройства: кодер в направлении передачи и декодер в направлении приема. Через групповые устройства полу-

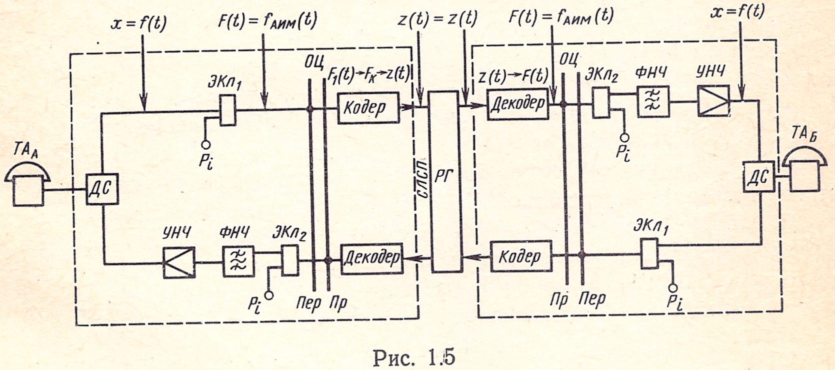

Рис. 1.5

[1] Функциональная схема системы передачи с ИКМ упрощена. Более подробные сведения о системе передачи с ИКМ, а также строгую математическую интерпретацию процесса ИКМ преобразования можно найти в [2—4].

комплекты системы передачи с ИКМ подключаются к соединительной линии системы передачи (СЛСП).

Каждый полукомплект содержит также генераторное оборудование ГО (на схеме не показано), вырабатывающее 32 управляющие импульсные последовательности, которые определяют временны́е интервалы 32 импульсных каналов. Тридцать импульсных каналов используются для передачи речевой информации, а два остальных — для специальных целей.

Для образования разговорного тракта между двумя телефонными аппаратами $ТА_А$ и $ТА_Б$ необходимо использовать одну из управляющих импульсных последовательностей P_i, $i=\overline{1,30}$. Управляющие импульсы, подаваемые на управляющие входы электронных ключей $ЭКл_1$ и $ЭКл_2$ в обоих полукомплектах системы передачи с ИКМ, будут периодически открывать и закрывать эти ключи.

Процесс передачи информации от $ТА_А$ и $ТА_Б$ сводится к следующему. Речевой (аналоговый) сигнал $x=f(t)$ по абонентской линии через ДС поступает на вход $ЭКл_1$, периодически открываемого управляющими импульсами последовательности P_i. Ключ $ЭКл_1$ выполняет функцию амплитудно-импульсного модулятора. Поэтому на выходе $ЭКл_1$, а следовательно, на шине Пер ОЦ появятся дискретные значения аналогового сигнала в форме АИМ сигналов $F(t)=f_{АИМ}(t)$. Далее эти сигналы поступают в специальное устройство — кодер, в котором они квантуются, образуя кодовые группы ИКМ сигналов. В кодере происходит также объединение кодированных сигналов, поступающих от всех источников, подключенных к ОЦ, в единый групповой сигнал $z(t)$. В таком виде информация передается по тракту передачи СЛСП в другой полукомплект системы передачи с ИКМ. Здесь с помощью декодера ИКМ сигналы декодируются отдельно в каждом канальном интервале, в результате чего на шине Пр ОЦ появляются восстановленные АИМ сигналы $F(t)=f_{АИМ}(t)$. Ключ $ЭКл_2$ на стороне приема, включаемый синхронно с $ЭКл_1$ на стороне передачи импульсами управляющей последовательности P_i, обеспечивает селекцию дискретов исходного аналогового сигнала, поступающего от $ТА_А$. Далее АИМ сигналы пропускаются через ФНЧ, где происходит выделение низкочастотной составляющей. Поэтому на выходе ФНЧ, выполняющего роль демодулятора, появляется аналоговый сигнал $x=f(t)$. Этот сигнал, усиленный УНЧ до требуемого уровня, через ДС принимается в $ТА_Б$.

Передача информации в обратном направлении от ($ТА_Б$ к $ТА_А$) происходит аналогично описанному по нижней ветви системы передачи с ИКМ. Передаваемые по тракту передачи СЛСП ИКМ сигналы претерпевают затухание, поэтому на линиях значительной протяженности необходимо периодически восстанавливать амплитуды импульсов кодовых групп. С этой целью соединительные линии оборудуются регенераторами РГ (см. рис. 1.5). Применение регенераторов позволяет передавать ИКМ сигналы по линиям практически неограниченной длины. Помехозащищенность ИКМ сигналов обусловлена тем, что амплитудные искажения не влияют на процесс распознавания кодовых групп. В пункте приема ИКМ сигналов распознавание сводится лишь к определению наличия или отсутствия импульсов независимо от их формы.

Система передачи с ИКМ может нормально функционировать при условии строгой синхронизации работы генераторного оборудования обоих полукомплектов, к которым подключена СЛСП (этот вопрос освещается ниже). На базе системы ИКМ-30, кото-

рая рассматривается как первичная цифровая система передачи ПЦСП, принципиально возможно создание ЦСП высшего порядка — вторичных (ВЦСП) на 120 каналов со скоростью передачи 8,448 Мбит/с, третичных (ТЦСП) на 480 каналов (v=34,368 Мбит/с) и четверичных (ЧЦСП) (v=139,264 Мбит/с). Возможно также создание так называемой субпервичной цифровой системы передачи с ИКМ на 16 импульсных каналов.

Система передачи ИКМ-30 нашла применение для построения электронных АТС с временны́м разделением каналов. Коммутационные поля таких АТСЭ полностью соответствуют функциональной схеме полукомплекта системы передачи с ИКМ, изображенной на рис. 1.5. Отличие заключается в том, что в системе передачи каждый импульсный канал закрепляется за определенным источником, поэтому число источников, подключаемых к ОЦ, ограничено 30. В АТСЭ импульсные каналы предоставляются абонентам с помощью управляющего оборудования избирательно на время разговора. В этом случае число источников, подключенных к ОЦ, которая содержит «пучок» из 30 каналов, может быть определено расчетным путем исходя из интенсивности нагрузки и требуемого качества обслуживания.

Дельта-преобразование. В технике передачи информации находят практическое применение и другие способы цифрового преобразования. Одним из таких способов является дельта-преобразование (или дельта-модуляция). Идея способа заключается в передаче по линии знака изменения значения аналогового сигнала на тактовом интервале. Известно несколько разновидностей дельта преобразования: линейное, адаптивное и др. Рассмотрим принцип более простой разновидности — линейного дельта-преобразования. На рис. 1.6 изображена упрощенная схема системы передачи с линейным дельта-преобразованием, а на рис. 1.7 иллюстрируется процесс преобразования.

Передающая часть системы содержит компаратор (сравнивающее устройство), интегратор И и формирователь цифрового сигнала ФЦС. Основными узлами приемной части являются приемник цифрового сигнала ПЦС, интегратор И и фильтр нижних частот ФНЧ. Аналоговый сигнал $x=f(t)$ поступает на вход компаратора, в котором он через одинаковые промежутки времени T_0, задаваемые тактовым генератором ТГ, сравнивается со ступенча-

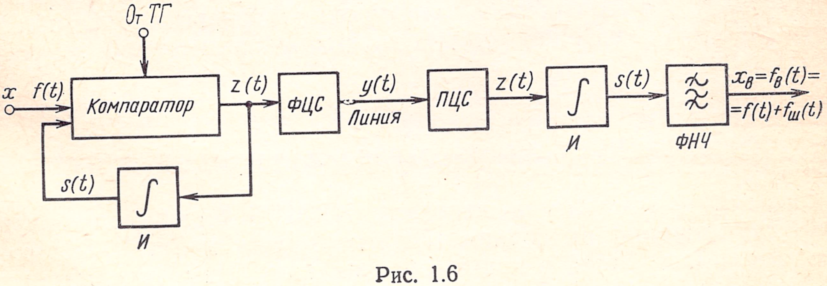

Рис. 1.6

тым аппроксимирующим сигналом $s(t)$. Аппроксимирующий сигнал формируется интегратором из входного сигнала под управлением компаратора. Если в момент t_i входной сигнал больше аппроксимируемого, т. е. $x_i > s(t_i)$, то компаратор вырабатывает на своем выходе положительный импульс $z(t_i) = +1$; одновременно с этим аппроксимирующий сигнал увеличивается на один шаг квантования Δ. Если же входной сигнал меньше аппроксимирующего $(x_i < s(t_i))$, то компаратор вырабатывает отрицательный импульс $z(t_i) = -1$, а аппроксимирующий сигнал уменьшается на один шаг квантования (см. рис. 1.7). Импульсы $z(t)$ с выхода компаратора поступают в ФЦС, где положительные импульсы идентифицируются с логической единицей, а отрицательные — с логическим нулем, после чего цифровой сигнал $y(t)$ преобразуется в форму, удобную для передачи по линии. В приемной части системы с линейным дельта-преобразованием происходит обратный процесс. Цифровой сигнал $y(t)$ поступает в приемник ПЦС, где он преобразуется в последовательность положительных и отрицательных импульсов $z(t)$. Далее в интеграторе, подобном интегратору передающей части, восстанавливается аппроксимирующий сигнал $s(t)$. В фильтре ФНЧ происходит подавление высших гармонических составляющих аппроксимирующего сигнала, в результате чего на выходе системы появляется сигнал $x_в = f_в(t)$, отличающийся от исходного $x = f(t)$ наличием шума квантования $f_ш(t)$.

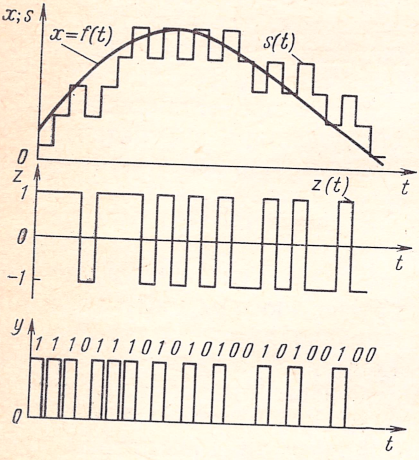

Рис. 1.7

Достоинствами систем передачи с дельта-преобразованием являются простота кодека (кодирующего и декодирующего устройств) и высокая достоверность передачи. Однако для достижения такого же качества передачи, как и в системе передачи с ИКМ, частота дискретизации f_0 должна быть в 3—4 раза выше.

Системы передачи с дельта-преобразованием пока не нашли применения для построения электронно-цифровых АТС общего назначения, так как ряд сложных технико-экономических вопросов еще не решен.

1.3. СТРУКТУРА ЦИФРОВОГО СИГНАЛА В ГРУППОВОМ ТРАКТЕ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ С ИКМ

Система и аппаратура передачи ИКМ-30 были разработаны для использования на соединительных линиях между АТС местных телефонных сетей с целью образования 30 импульсных кана-

лов для независимой передачи речевой информации от 30 источников. Кроме 30 речевых каналов в системе предусмотрены один временнóй канал для передачи линейных и управляющих сигналов, необходимых для установления между источниками соединения по каждому речевому каналу и их разъединения после окончания разговора, и еще один временнóй канал, используемый для синхронизации генераторного оборудования полукомплектов (оконечных станций) системы. Для эксплуатационных целей по СЛСП необходимо также передавать дополнительную служебную информацию.

Информация, передаваемая по 32 каналам, формируется на передающей станции системы в единый групповой цифровой сигнал. На приемной станции системы происходят распознавание, выделение и распределение по назначению принимаемого цифрового потока.

Групповой цифровой сигнал (ГЦС) (рис. 1.8) представляет собой последовательность следующих друг за другом 512 8-разряд-

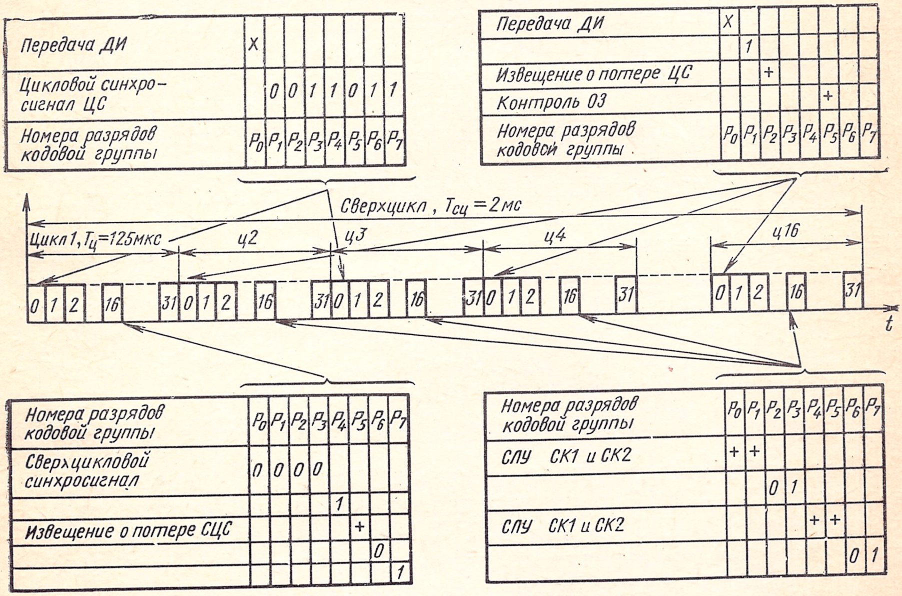

Рис. 1.8

ных кодовых групп, которые образуют сверхцикл передачи. Частота следования сверхцикла $f_{сц}=500$ Гц, а его длительность $T_{сц}=2$ мс. Сверхцикл состоит из 16 циклов, каждый из которых объединяет 32 импульсных канала. Длительность цикла $T_ц=$ $=125$ мкс, что определяет частоту следования циклов $f_ц=8$ кГц. Для каждого импульсного канала в цикле выделяется интервал $\tau_{и.к}\approx3{,}9$ мкс. Каждый импульсный канал рассчитан на передачу

95484
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА

информации 8-разрядным бинарным кодом. Следовательно, длительность одного разряда (элемента) кода составит $\tau_э = 0{,}49$ мкс, а частота следования элементов кода ГЦС $f_э = 2048$ кГц.

Нормальное функционирование аппаратуры передачи ИКМ-30 обеспечивается наличием трех видов синхронизации ее приемной части: по тактовой частоте, по циклам и сверхциклам. Синхронизация по тактовой частоте необходима для обеспечения равенства скоростей обработки информации на передаче и приеме. Она выполняется путем выделения колебания тактовой частоты 2048 кГц из спектра ГЦС на приемной станции. Синхронизация по циклам требуется для правильного распределения декодированных АИМ сигналов по соответствующим индивидуальным каналам приемной станции и обеспечивается путем совмещения времени канальных интервалов циклов принимаемого ГЦС и управляющих последовательностей импульсов генераторного оборудования приема. Синхронизация по сверхциклам необходима для правильного распределения сигналов управления и линейных сигналов; она обеспечивается путем совмещения времени начала сверхциклов принимаемого ГЦС и генераторного оборудования приема.

Для цикловой синхронизации в каждом сверхцикле ГЦС используются нулевые каналы в нечетных циклах (см. рис. 1.8). В качестве циклового синхросигнала (ЦС) используется сигнал вида 0011011, который размещается в разрядах P_1—P_7 нулевого канала. Формирование ЦС и ввод его в ГЦС осуществляются аппаратурой передающей станции. Разряды P_0 в нулевых каналах всех циклов могут быть использованы для передачи дискретной информации ДИ. Нулевые каналы четных циклов в сверхциклах кроме передачи дискретной информации (разряд P_0) используются следующим образом. Символ разряда P_2 предназначен для передачи на противоположную станцию аварийного сигнала о потере цикловой сигнализации, а разряд P_5— для передачи служебного сигнала «Контроль остаточного затухания». На месте разряда P_1 всегда передается логическая единица. Остальные разряды не используются.

Для определения начала сверхцикла на передающей станции в разряды P_0—P_3 16-го канала первого цикла вводится сверхцикловой сигнал (СЦС) вида 0000. Три разряда этого канала (P_4, P_6, P_7) используются для передачи балластного сигнала 101, а разряд P_5 — для передачи на противоположную станцию аварийного сигнала о потере сверхцикловой синхронизации. При вхождении в синхронизм приемной станции вначале осуществляется поиск циклового синхросигнала, а затем — сверхциклового: 30 каналов в каждом цикле (каналы *1—15* и *17—31*) являются речевыми. Шестнадцатые каналы циклов *2—16* используются для передачи сигналов линейных и управления (СЛУ). Каждый из этих каналов обеспечивает их передачу для двух речевых каналов, которые в ГЦС передаются в виде двухбитовых комбинаций символов (00, 0,1 10 и 11). Для одного речевого канала СЛУ передаются в разрядах P_0 и P_1, а для другого — в разрядах P_4 и P_5.

В разрядах P_2, P_3, P_6, P_7 этих каналов передается балластный сигнал вида 0101. Разряды P_0 и P_1 (а также P_4 и P_5) принято называть сигнальными каналами, СК1 и СК2 соответственно.

По двум СК в каждом направлении передачи в системе передачи с ИКМ возможно передать несколько различных сигналов, необходимых для установления соединения и разъединения. Так, от исходящей станции можно передавать сигналы: занятия, набора номера (некодированным способом), отбоя вызывающего абонента, разъединения на любом этапе соединения. В обратном направлении могут передаваться сигналы: контроля исходного состояния, ответа вызываемого абонента, отбоя вызываемого абонента, занятости вызываемого абонента или канала в требуемом направлении.

При частоте следования сверхциклов $f_{сц}=500$ Гц время передачи одного сигнала составляет 2 мс.

Так как линейные сигналы и сигналы управления передаются от станционной батареи напряжением 60 В, то для их преобразования в цифровую форму на стороне передачи и восстановления на стороне приема оконечной станции системы передачи с ИКМ оборудуются специальными согласующими устройствами.

В случае использования системы передачи ИКМ-30 на участке соединительной линии между электронными АТС шестнадцатый канал одного цикла (или нескольких) может быть использован в качестве общего канала сигнализации (ОКС) для всех 30 речевых каналов. В этом случае ОКС обеспечивает обмен информацией между управляющим оборудованием двух смежных АТСЭ.

2. СТРУКТУРНЫЕ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОННЫХ АТС С ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

2.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Во многих странах мира ведется научный поиск решения проблемы создания электронных АТС для телефонных сетей связи. Согласно отечественной терминологии под электронными АТС понимаются такие, в которых как коммутационное, так и управляющее оборудование реализуется на основе использования средств электронной техники. Предложено много вариантов построения электронных АТС, отличающихся назначением и емкостью, элементной базой, принципами передачи и коммутации информации, структурой коммутационных полей, средствами и способами управления. С целью систематизации все многообразие АТС принято классифицировать по двух главным критериям: по принципу построения коммутационного поля АТС, понимая под коммутационным полем (КП) совокупность всех образующих его блоков, и по принципу построения управляющих устройств, обеспечивающих обработку линейных и управляющих сигналов, выбор необходимой пары «вход — выход» в КП и установление соединительного тракта между входом и выходом.

Электронные АТС по принципу построения КП могут быть разделены на два класса: АТСЭ с аналоговым КП и АТСЭ с цифровым КП. Аналоговые КП

могут быть пространственного типа, частотными и импульсно-временными. Пространственное КП электронных АТС имеет такую же структуру, как КП электромеханических АТС, с тем отличием, что расположенные в пространстве точки коммутации выполнены на электронных элементах (электронных контактах). По соединительным трактам таких пространственных КП передача аналоговых (речевых) сигналов происходит без преобразования. В принципе АТСЭ с пространственным КП могут применяться на интегральных цифровых сетях связи в качестве коммутационного узла самого низкого звена. Однако практического применения такие АТСЭ пока не получили из-за несовершенства электронных контактов и существенно худших по сравнению с квазиэлектронными АТС технико-экономических показателей.

В КП частотного типа абонентские линии подключаются к общей цепи с частотным разделением через модуляторы и демодуляторы, которые управляются токами одинаковых несущих частот. В таком КП (иногда называемом КП с частотным разделением каналов — ЧРК) используется такой же принцип частотной передачи информации, как и в каналообразующей аппаратуре с частотным разделением. Из-за высокой стоимости частотных модуляторов и полосовых фильтров АТСЭ с частотным КП практически не реализованы.

Импульсно-временно́е КП представляет собой систему с ВРК, в которой общая цепь, к которой подключены абонентские линии через импульсные модуляторы, предоставляется поочередно и кратковременно для обмена информацией между различными парами абонентов. Передача информации может осуществляться в форме сигналов АИМ, ШИМ, ФИМ. На интегральных цифровых сетях связи нашли применение электронные АТС с импульсно-временны́ми КП на основе АИМ. Цифровое КП может быть построено на основе временно́го разделения каналов с использованием ИКМ или дельта-преобразования. Электронные АТС с цифровым КП, построенным по принципу ИКМ преобразования, являются основой для организации интегральных цифровых сетей связи.

Все электронные АТС, строящиеся по принципу косвенного управления, характеризуются наличием регистрового оборудования. При этом используются два принципа построения управляющих устройств: замонтированной программы и записанной программы. В первом случае программа управления процессами обслуживания вызовов на АТС реализуется схемным путем в виде замонтированной логики. Электронные АТС с управлением по принципу замонтированной программы, как показывает опыт, целесообразно строить на небольшую емкость и использовать их в первую очередь в качестве АТС учрежденческого типа. Управление по принципу записанной программы реализуется посредством специализированных электронных управляющих машин (ЭУМ). В этом случае программа функционирования АТС записывается и хранится в запоминающем устройстве ЭУМ.

Бурное развитие вычислительной техники, появление ЭВМ различного назначения и производительности, появление микропроцессорной техники и внедрение средств вычислительной техники практически во все отрасли народного хозяйства привели к тому, что и в технике автоматической электросвязи для создания электронных АТС с программным управлением предложены различные варианты структур управляющего оборудования с использованием ЭУМ.

Все разнообразие структур управляющего оборудования электронных АТС, работающего по принципу записанной программы, можно свести к трем основным разновидностям: централизованным, децентрализованным и комбинирован-

ным. При централизованном управлении, как правило, две ЭУМ, работая параллельно или в режиме разделения нагрузки, управляют работой всего коммутационного оборудования АТСЭ. При децентрализованном управлении функции управления разделены между несколькими ЭУМ небольшой производительности типа микро-ЭВМ, каждая из которых закрепляется за какой-либо частью коммутационного оборудования. При этом между ЭУМ организуются функциональные связи. Комбинированное управление предполагает совмещение централизованного и децентрализованного управления.

Характерной особенностью АТС с управлением по принципу записанной программы является наличие в составе основного оборудования станции кроме ЭУМ, которые можно рассматривать как центральное управляющее устройство (ЦУУ), промежуточного оборудования (ПО), которое служит связующим звеном между коммутационным и управляющим оборудованием электронных АТС, обеспечивая их взаимодействие.

Для организации интегральной цифровой телефонной сети связи достаточно иметь два типа коммутационных узлов: электронные АТС с импульсно-временны́м коммутационным полем, где происходят аналого-цифровые и цифро-аналоговое преобразования речевой информации, и электронные АТС с цифровым КП, которые в зависимости от места расположения на сети могут выполнять функции районных, узловых или междугородных АТС.

Первая цифровая АТС типа Е-10 введена в эксплуатацию в 1975 г. во Франции (г. Ланьон). Она разработана фирмой CIT Alcatel совместно с Национальным центром исследований в области связи (CNET). На базе оборудования АТСЭ типа Е-10, приобретенного по лицензии Акционерным обществом Теленокиа, в Финляндии разработана и внедрена в эксплуатацию в 1980 г. цифровая система АТС типа DX[1]. Из других известных по литературным источникам цифровых систем АТС, разработанных в разных странах и внедренных в эксплуатацию за минувшее десятилетие, следует назвать системы ESS-4 (США), АХЕ-10 (Швеция), EWSD (ФРГ) и МТ-20/25 (Франция). Перечисленные АТС различаются структурами цифровых коммутационных полей и структурной организацией программного управления.

2.2. ОБОБЩЕННЫЕ СТРУКТУРНЫЕ СХЕМЫ КОНЦЕНТРАТОРА И ЦИФРОВОЙ АТСЭ

Под интегральной цифровой телефонной сетью связи будем понимать сеть связи, состоящую из узлов коммутации (УК), коммутационные поля которых построены по принципу временно́го разделения каналов, и соединительных линий, оснащенных аппаратурой ИКМ преобразования. Управление коммутационным оборудованием на УК осуществляется с помощью ЭУМ.

При организации ИЦСС предусматривается использование концентраторов К, опорных станций ОС и транзитных узлов ТУ (рис. 2.1). Концентраторы выполняют функции подстанций и предназначены для концентрации телефонной нагрузки от подключен-

---

[1] Оборудование АТС тиха DX демонстрировалось на выставке «Связь-81» в Москве.

ных к ним источников информации. В качестве концентраторов используются АТСЭ с ВРК-АИМ. Именно здесь происходят аналого-цифровое и цифро-аналоговое преобразования речевой информации. Концентраторы, как правило, располагаются на значительном удалении от своих опорных станций и подключаются к ним с помощью оснащенных аппаратурой ИКМ соединительных

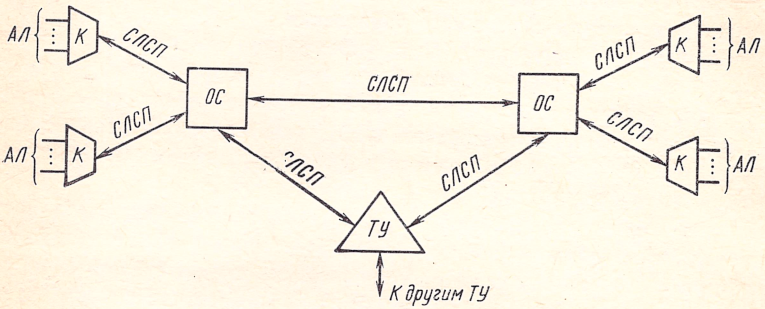

Рис. 2.1

линий систем передачи (СЛСП). В отдельных случаях, если это целесообразно, концентраторы могут располагаться и на опорной станции.

Опорные станции (цифровые АТСЭ) являются УК среднего звена ИЦСС и по существу представляют собой районные АТС. Каждая ОС обеспечивает взаимную связь между группой включенных в нее концентраторов. На телефонных сетях без узлообразования соединения между ОС осуществляются по СЛСП по принципу «каждая с каждой». На крупных телефонных сетях целесообразно кроме ОС устанавливать узловые станции, функции которых на ИЦСС выполняют транзитные узлы (ТУ) — УК высшего звена ИЦСС. Последние обслуживают транзитную нагрузку между всеми ОС сети, хотя и в этом случае вполне возможна организация прямых связей типа ОС—ОС.

Принципиального различия между ОС и ТУ нет. Они могут отличаться только числом блоков коммутационного поля или, что то же самое, числом включенных СЛСП и программами функционирования ЭУМ, если на ОС и ТУ применяются ЭУМ одного семейства. При таком структурном построении ИЦСС передача информации по СЛСП от одного концентратора до другого и коммутация на опорных станциях и транзитных узлах будут осуществляться в цифровой форме.

Примечательным в рассматриваемой структуре ИЦСС является то, что без существенных затруднений цифровые ОС и ТУ могут быть приспособлены для выполнения функций автоматических междугородных телефонных станций.

Обобщенные структурные схемы концентратора и опорной АТСЭ изображены соответственно на рис. 2.2 и 2.3. Концентратор представляет собой АТСЭ типа ВРК-АИМ, а опорная стан-

ция — цифровую АТСЭ, обеспечивающую коммутацию ИКМ сигналов. Все оборудование концентратора и опорной станции можно подразделить на три основные группы: коммутационное КО, управляющее УО и промежуточное ПО. К основному оборудованию концентратора следует отнести также аппаратуру ИКМ преобразования АП.

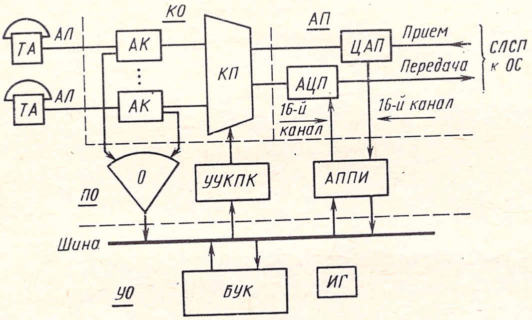

Рис. 2.2

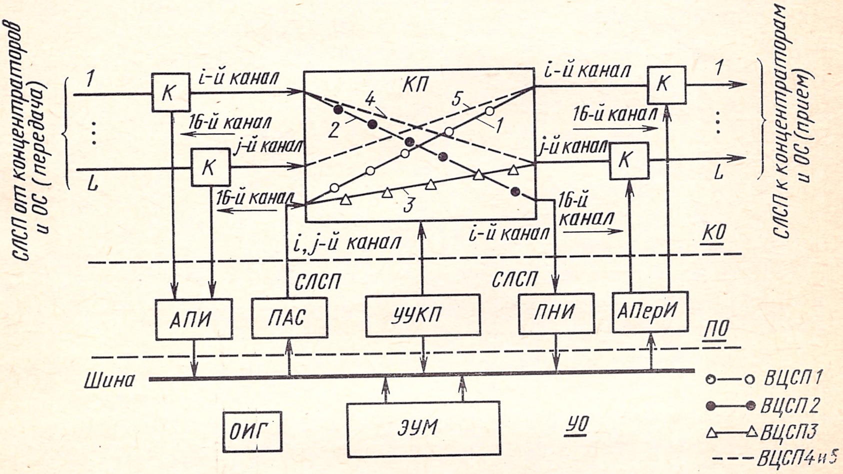

Рис. 2.3

Коммутационное оборудование концентратора состоит из коммутационного поля КП и подключенных к нему абонентских комплектов АК. Коммутационное поле импульсно-временно́го типа рассчитано на коммутацию 30 импульсных каналов, каждый из которых может быть предоставлен на время установления соединения и разговора любому из абонентов концентратора. Коммутация осуществляется по четырехпроводной схеме. Переход от двухпроводной абонентской линии к четырехпроводному КП обеспечивает стандартная дифференциальная система, располагаемая в АК.

Если абоненты концентратора пользуются обычными телефонными аппаратами, то сигналы вызова (индукторным током) должны посылать абоненту из его АК, так как передача таких сигналов по цифровому тракту затруднена. Это приводит в свою очередь к усложнению, а следовательно, и удорожанию АК. Чтобы избежать этого, целесообразно на ИЦСС использовать для вызывных сигналов источники тока тональной частоты. Это возможно путем замены в телефонном аппарате электрического звонка чувствительным акустическим преобразователем тональных сигналов типа обычного телефонного капсюля. Из этих же соображений целесообразно в телефонных аппаратах, подключаемых к концентраторам, заменить дисковый номеронабиратель кнопочным, чтобы вместо батарейного использовать частотный способ набора номера, например кодом «2 из 5». Кроме того, кнопочный номеронабиратель более удобен в эксплуатации и обеспечивает передачу номерной информации с большей скоростью.

Соединительная линия, связывающая концентратор с опорной станцией, подключается к КП концентратора через аппаратуру преобразования АП: АЦП в направлении передачи и ЦАП в направлении приема. По одной соединительной линии, оснащенной аппаратурой ИКМ-30, одновременно можно осуществлять 30 разговоров. Для повышения надежности связи концентратор следует подключать к опорной станции с помощью двух СЛСП, обеспечивая в КП концентратора полнодоступную схему включения 60 (30×2) импульсных каналов для всех абонентов концентратора. В этом случае при среднем использовании канала, равном 0,7, пропускная способность двух СЛСП составит 42 Эрл. При удельной нагрузке на абонентскую линию 0,08 Эрл предельная емкость концентратора составит 525 линий. В случае выхода из строя одной СЛСП всю нагрузку примет на себя другая СЛСП. При этом качество обслуживания ухудшится, однако связь концентратора с опорной станцией сохранится.

Промежуточное оборудование (ПО) концентратора содержит три функциональных устройства: определитель О, устройство управления коммутационным полем концентратора (УУКПК) и аппаратуру приема и передачи сигнальной информации (АППИ) (см. рис. 2.2).

Определитель динамического типа, работая автономно в режиме сканирования, постоянно контролирует состояние всех АК концентратора. Он предназначен для определения моментов возникновения вызовов от абонентов (замыкание шлейфа абонентской линии), моментов отбоя (размыкание шлейфа) и для передачи информации об этом в блок управления концентратора (БУК) (см. рис. 2.2).

Устройство управления коммутационным полем концентратора является устройством, обеспечивающим предоставление абоненту свободного импульсного канала на все время установления соединения и разговора и разрушение установленного соединения после отбоя. Оно действует только по командам БУК. Команда

должна содержать номер СЛСП и номер импульсного канала, адрес АК и код операции, определяющий процесс установления соединения или процесс разъединения. Команда выдается кратковременно, так как БУК после выдачи очередной команды должен быть сразу же освобожден для возможности обслуживания других вызовов. Поэтому УУКПК должен иметь блок памяти, в котором необходимо хранить номера задействованных импульсных каналов.

Аппаратура приема и передачи сигнальной информации предназначена для обмена сигналами между управляющим оборудованием концентратора и опорной станции в процессе обслуживания вызовов. Для обмена сигналами в каждой СЛСП выделяются 16-й канал, выполняющий функции общего канала сигнализации (ОКС). Поэтому АППИ концентратора должна быть связана через аппаратуру преобразования с 16-м каналом передающей части СЛСП для передачи сигналов на опорную АТСЭ и с 16-м каналом приемной части СЛСП для приема сигналов, поступающих со стороны опорной станции.

Управляющее оборудование концентратора представлено на рис. 2.2 блоком управления БУК, в качестве которого может быть использован микропроцессор. Он работает только во взаимодействии с управляющим оборудованием (ЭУМ) опорной АТСЭ. Его основными функциями являются: прием от определителя сигналов о поступлении вызова или отбоя, формирование соответствующей информации об этом и управление АППИ для передачи этой информации в ЭУМ опорной станции; прием от ЭУМ через АППИ команд управления и передача их в УУКПК.

Коммутационное поле опорной АТСЭ (см. рис. 2.3) в самом общем виде представляет собой квадратный коммутатор на L входов и L выходов ($L \times L$). Входы КП используются для включения передающей части четырехпроводных СЛСП от концентраторов или других опорных АТСЭ, а выходы КП — для включения приемной части этих же СЛСП. Коммутационное поле должно обеспечивать коммутацию входящих и исходящих импульсных каналов СЛСП в любых сочетаниях. Каждая СЛСП представляет собой групповой тракт цифровых каналов. Соединительные линии на входах и выходах КП включаются через специальные комплекты К, назначением которых на входящей стороне КП является выделение индивидуальных цифровых каналов из группового тракта, а на исходящей стороне — объединение цифровых каналов в групповой тракт.

В состав ПО опорной АТСЭ входят: аппаратура приема (АПИ) и передачи (АПерИ) информации, устройство управления коммутационным полем (УУКП), передатчик акустических сигналов (ПАС) и приемник номерной информации (ПНИ).

Аппаратура передачи и приема информации обеспечивает соответственно прием и передачу сигнальной информации по всем СЛСП, включенным в КП опорной станции. Так как эта информация поступает и передается по ОКС, то АПИ и АПерИ должны подключаться через комплекты К к 16-м каналам всех СЛСП. Ес-

ли в КП включено L СЛСП, то АПИ должна иметь L входов, а АПерИ L выходов.

Управление коммутационным полем опорной АТСЭ осуществляет управляющее устройство УУКП. Это сложное устройство, которое, работая по командам ЭУМ, должно создавать внутристанционные соединительные тракты между любым i-м входящим цифровым каналом из совокупности $i \times L$ каналов ($i=\overline{1,30}$) и любым j-м исходящим цифровым каналом из совокупности $j \times L$ каналов ($j=\overline{1,30}$), т. е. обеспечивать перемещение кодовых групп, содержащих речевую информацию из одного временно́го положения в другое. Установленное соединение УУКП должно удерживать после исполнения команды на все время разговора, поэтому оно должно иметь блок оперативной памяти. После получения сигнала отбоя УУКП по команде ЭУМ должно разрушить установленный соединительный тракт.

В цифровых АТСЭ КП имеет многозвенную структуру и строится по блочному принципу. Поэтому целесообразно иметь не одно общее УУКП, а несколько, по числу блоков КП. В некоторых системах АТСЭ УУКП конструктивно совмещаются с блоками цифрового КП, однако функционально всегда можно выделить узлы или элементы, относящиеся к КП и к УУКП.

Относящиеся к промежуточному оборудованию опорной АТСЭ ПАС и ПНИ выполняют функции общестанционных служебных комплектов.

Передатчик акустических сигналов предназначен для формирования всех акустических сигналов, посылаемых абонентам в процессе установления соединения: ответа станции, занятости, тонального вызова, контроля посылки вызова. Так как эти сигналы в КП станции могут коммутироваться только в цифровой форме, то на выходе ПАС устанавливается аналого-цифровой преобразователь типа кодера, а сам ПАС подключается к отдельному входу КП через СЛСП. В этом случае один ПАС может обслуживать до 30 вызовов одновременно. Коммутационное поле должно обеспечивать полнодоступную связь любого канала СЛСП ПАС с любым исходящим цифровым каналом.

Приемник номерной информации предназначен для приема номерной информации от абонентов концентраторов, передаваемой по речевым каналам СЛСП в цифровой форме. В этом случае предполагается использование в телефонном аппарате тастатурного набора частотным кодом «2 из 6», который преобразуется на концентраторе в цифровую форму. Приемник номерной информации подключается к отдельному выходу КП через СЛСП таким образом, чтобы имелась возможность установления соединительного пути между любым входящим цифровым каналом и любым каналом СЛСП ПНИ.

В зависимости от того, в какой форме номерная информация должна поступать в ЭУМ опорной АТСЭ (цифровой или частотной), могут использоваться различные схемные варианты ПНИ.

В первом случае цифры принимаемого номера должны фиксироваться в ПНИ в цифровой форме и без преобразования передаваться в ЭУМ. Во втором случае цифры номера фиксируются в частотном коде. Для этого СЛСП подключается к ПНИ через цифро-аналоговый преобразователь (декодер). Один ПНИ может принимать информацию одновременно по 30 входящим цифровым каналам.

На районированной телефонной сети при наличии нескольких опорных АТСЭ (а также транзитных узлов) необходимо организовать обмен номерной информацией. В этом случае в составе промежуточного оборудования надо иметь, кроме ПНИ, также и передатчики номерной информации (на рис. 2.3 такие передатчики опущены). Однако следует иметь в виду, что включение передатчиков номерной информации на станции должно осуществляться в отдельные входы КП подобно включению ПАС.

Структура устройств промежуточного оборудования концентраторов и опорных станций ИЦСС определяется их функциональным назначением, а общее число устройств каждого вида зависит от емкости узла коммутации, обслуживаемой нагрузки и заданной нормы потерь. Так как отдельные устройства выполняют свои функции по командам управляющего оборудования, то все они должны обладать памятью. Связь ПО с УО осуществляется по общестанционным шинам, показанным на рис. 2.2 и 2.3 утолщенными линиями.

Каждая шина представляет собой совокупность электрических цепей, содержащих усилители и согласующие устройства. Каждая цепь обеспечивает передачу одного бита информации в направлении от ЭУМ к устройствам ПО или в обратном направлении. Поэтому общее число электрических цепей в одной шине определяется числом бит информации, которую нужно передать. Информация, как правило, передается параллельным способом. Различают адресные шины, по которым передаются периферийные команды от ЭУМ к устройствам ПО, и ответные шины, используемые для приема ЭУМ информации от устройств ПО. Все устройства ПО подключаются к шинам параллельно, однако в процессе управления всегда обеспечивается взаимодействие ЭУМ одновременно только с одним устройством ПО.

Управляющее устройство опорной АТСЭ представляет собой управляющий комплекс, основу которого составляет специализированная электронная управляющая машина (ЭУМ), руководящая всеми процессами обслуживания вызовов на опорной станции, на всех подключенных к ней концентраторах, а также управляющая работой БУК. На ЭУМ возлагаются также функции, связанные с эксплуатационно-техническим обслуживанием опорной АТСЭ и концентраторов.

Принципы устройства ЭУМ подробно излагаются в гл. 4. Все процессы коммутации и управления на опорной станции при обслуживании вызовов должны протекать с высокой скоростью и в строго ограниченные интервалы времени, определяемые времен-

ными положениями цифровых каналов. Поэтому работа всех логических блоков коммутационного и промежуточного оборудования станции организуется в режиме тактирования. Для этого используется общестанционный импульсный генератор (ОИГ, см. рис. 2.3), который вырабатывает серии высокостабильных последовательностей тактовых импульсов. На концентраторах с этой же целью можно использовать импульсные генераторы (ИГ, см. рис. 2.2), входящие в состав генераторного оборудования аппаратуры ИКМ преобразования.

2.3. ПРОЦЕСС ОБСЛУЖИВАНИЯ ВЫЗОВОВ НА ЦИФРОВЫХ АТСЭ

Рассмотрим в общих чертах процесс установления соединения между двумя абонентами, включенными в разные концентраторы опорной станции, используя структурные схемы рис. 2.2 и 2.3. Будем считать, что концентратор вызывающего абонента А подключен через одну СЛСП ко входу и выходу *1* КП опорной станции, а концентратор вызывающего абонента Б ко входу и выходу *L* КП.

При снятии абонентом А микротелефонной трубки определитель О концентратора распознает сигнал вызова (замыкание шлейфа абонентской линии) и сообщает об этом блоку управления БУК. Последний определяет номер АК вызывающего абонента и формирует сигнальное слово, которое должно содержать информацию о номере АК и сигнале вызова. Эта информация в двоичном коде с помощью АППИ по ОКС (16-му импульсному каналу) передающей части СЛСП передается на опорную станцию, где она принимается АПИ и затем поступает в ЭУМ.

Следует иметь в виду, что по одному импульсному каналу за время одного цикла ($T_ц = 125$ мкс) можно передать только восьмибитовую информацию. Сигнальное слово всегда содержит значительно больше бит, поэтому оно передается частями по 8 бит в течение нескольких циклов. Так, сигнальное слово, содержащее 32 бита, будет передано за время $4T_ц = 0{,}5$ мс.

Электронная управляющая машина опорной станции по принятому сигнальному слову узнает номер концентратора абонента А и, используя данные оперативной памяти, определяет наличие свободных импульсных каналов в общей цепи КП этого концентратора. Выбрав один из свободных каналов, например *i*-й, ЭУМ формирует ответное сигнальное слово; при этом *i*-й канал отмечается в оперативной памяти занятым. Ответное сигнальное слово, содержащее информацию о номере концентратора абонента А, номере его АК и номере выбранного *i*-го канала, через АПерИ передается по 16-му каналу приемной части СЛСП1 в сторону концентратора вызвавшего абонента. Здесь оно принимается АППИ и поступает в БУК. Последний передает в УУКПК команду на подключение АК абонента А к *i*-му каналу СЛСП, связывающей этот концентратор с опорной АТСЭ. Устройство УУКПК реализует эту команду, а БУК освобождается. Необходи-

мо помнить, что передающая часть СЛСП подключается ко входу, а приемная часть этой СЛСП — к выходу КП опорной станции.

Электронная управляющая машина опорной станции, передав на концентратор управляющую команду (ответное сигнальное слово), формирует несколько периферийных команд (ПК) для передачи их в УУКП, ПАС и ПНИ. В УУКП передаются две ПК для установления в КП двух внутристанционных цифровых соединительных путей (ВЦСП): одного между i-м каналом ПАС и i-м каналом приемной части СЛСП1 к концентратору абонента А (ВЦСП1) и другого между i-м каналом передающей части СЛСП1 и i-м каналом СЛСП ПНИ (ВЦСП2). В ПАС передается ПК для подключения к ВЦСП1 сигнала ответа станции, а в ПНИ — ПК для подготовки приема номера по ВЦСП2. В результате исполнения всех ПК абоненту А посылается сигнал «Готово», а набираемый номер абонента Б фиксируется в ПНИ. За время приема первой цифры ЭУМ должна обеспечить выключение в ПАС сигнала «Готово»; при этом ВЦСП1 в КП сохраняется.

Приняв из ПНИ номерную информацию, ЭУМ анализирует ее, определяет номер требуемого концентратора и по номеру вызываемого абонента Б выясняет по данным оперативной памяти состояние линии этого абонента. Если линия занята, то ЭУМ выдает в ПАС ПК на подключение к ВЦСП1 сигнала «Занято», который посылается абоненту А. Если линия абонента Б свободна, то ЭУМ ищет (по данным оперативной памяти) свободный канал в СЛСПL к концентратору абонента Б. Допустим, что свободным является j-й канал. Выбрав этот канал, ЭУМ отмечает его занятым и формирует управляющую информацию для передачи ее в БУК концентратора абонента Б. Эта информация, которая передается через АПерИ по 16-му каналу приемной части СЛСПL и принимается в концентраторе АППИ, содержит номер АК абонента Б и номер канала (j). Реализуя управляющую команду, БУК с помощью УУКПК обеспечивает подключение АК абонента Б к j-му каналу СЛСПL. Получив подтверждение от БУК концентратора о получении и реализации команды управления, ЭУМ формирует ПК для УУКП на установление соединительного пути между j-м каналом СЛСП ПАС и j-м каналом приемной части СЛСПL к концентратору абонента Б (ВЦСП3), а также ПК для разрушения ранее установленного ВЦСП2 к ПНИ. В ПАС ЭУМ передает две ПК: одну для посылки вызывного сигнала по j-му каналу СЛСП ПАС, в результате чего по ВЦСП3 абоненту Б посылается вызов, а другую для посылки по каналу i СЛСП ПАС сигнала контроля посылки вызова (этот сигнал посылается абоненту А по ВЦСП1). Кроме того, ЭУМ формирует еще две ПК для УУКП с целью подготовки включения разговорных соединительных путей в КП после ответа абонента Б.

Сигнал ответа отмечается определителем концентратора вызванного абонента. Блок управления этого концентратора по 16-му каналу передающей части СЛСПL сообщает об ответе абонента

Б ЭУМ ОС. После этого ЭУМ выдает разрешение УУКП на включение разговорного тракта в КП, а также формирует и передает в УУКП ПК для разрушения соединительных путей ВЦСП1 и ВЦСП3. Кроме этого, ЭУМ обеспечивает освобождение каналов i и j в СЛСП ПАС и отключение в последнем вызывных сигналов. В КП опорной станции остаются включенными элементы, обеспечивающие удержание с помощью УУКП на все время разговора двух внутристанционных цифровых соединительных путей: ВЦСП4 между i-м каналом тракта передачи СЛСП1 и j-м каналом тракта приема СЛСПL, по которому коммутируется речевая информация (в цифровой форме) от абонента А к абоненту Б, и ВЦСП5 между j-м каналом тракта передачи СЛСПL и i-м каналом тракта приема СЛСП1 для передачи речевой информации в обратном направлении.

При отбое со стороны одного на абонентов определитель концентратора воспринимает сигнал отбоя, а БУК передает информацию об этом в ЭУМ ОС. Электронная управляющая машина освобождает в КП своей станции ВЦСП4 и ВЦСП5 и передает в БУК, в котором зафиксирован отбой, управляющую команду на освобождение разговорного тракта в КП концентратора. Абоненту другого концентратора, еще не давшего отбой, необходимо послать сигнал «Занято». Для этого ЭУМ организует включение в КП ОС или ВЦСП1, если первым дал отбой абонент Б, или ВЦСП2, если сигнал отбоя поступил от абонента А. Сигнал «Занято» посылается из ПАС по команде ЭУМ или по i-му каналу СЛСП ПАС и ВЦСП1 или по j-му каналу СЛСП ПАС и ВЦСП2. После того как второй абонент даст отбой, процедура разъединения на ОС и в концентраторе будет аналогична описанной.

Как следует из описания, в процессе установления соединения между абонентами концентраторов в коммутационном поле опорной станции в последовательном порядке образуется несколько внутристанционных цифровых соединительных путей. Другими словами процесс обслуживания вызова на опорной (цифровой) АТСЭ состоит из нескольких этапов, на каждом из которых выполняется одна вполне определенная функциональная задача. В рассмотренном случае можно выделить пять этапов:

этап 1 — посылка вызывающему абоненту сигнала ответа станции. Для выполнения этой функции в коммутационном поле (см. рис. 2.3) образуется ВЦСП1;

этап 2 — прием номерной информации. В КП образуется ВЦСП2;

этап 3 — посылка вызова (в случае, если вызываемый абонент свободен). В КП необходимо иметь два соединительных пути: ВЦСП3 — для посылки сигнала вызова вызываемому абоненту и ВЦСП1 — для посылки контрольного сигнала вызвавшему абоненту[1];

---

[1] В данном случае предполагается, что ВЦСП1, образованный на этапе 1, сохраняется и для этапа 3. Однако возможен иной алгоритм обслуживания вы-

этап 4 — разговор абонентов. Для этого этапа характерно наличие в КП двух соединительных путей ВЦСП4 и ВЦСП5;

этап 5 — посылка сигнала «Занято» при одностороннем отбое.

Способ обслуживания вызова, при котором в процессе установления соединения и его разъединения в КП АТС используется несколько соединительных путей, получил название многоэтапного. Характерной особенностью многоэтапного способа обслуживания вызовов является то, что соединительный путь, образованный на одном этапе, как правило, разрушается при переходе к следующему этапу. Количество этапов определяется числом функциональных задач, которые необходимо выполнить в процессе обслуживания вызова, и различно для разных видов соединений (закончившихся или не закончившихся разговором) и типов станций (опорная или транзитная).

Многоэтапный процесс обслуживания на цифровых АТС по сравнению с квазиэлектронными имеет существенные отличия, обусловленные отсутствием шнуровых и линейных комплектов, четырехпроводной системой передачи и коммутации информации в цифровой форме, необходимостью образования соединительных путей в коммутационном поле между цифровыми каналами, расположенными в различных временны́х интервалах. Эти отличия определяют специфику программной организации процессов обслуживания вызовов на цифровых АТС.

3. КОММУТАЦИОННЫЕ ПОЛЯ ЭУК ИЦСС

3.1. ПРИНЦИПЫ ЦИФРОВОЙ КОММУТАЦИИ

Коммутация цифровых сигналов с ИКМ имеет свои характерные особенности. На рис. 3.1 показана структура цикла 32-канальной системы ИКМ. Каждый цикл имеет длительность 125 мкс и содержит 32 канала (канальных интервала К0—К31). Тридцать каналов (К1—К15 и К17—К31) используются для передачи речевой информации. Канал К0 используется для синхронизации системы, а канал К16 — для целей сигнализации. Длительность каждого канального интервала составляет 3,9 мкс. В каждом канале размещается одна кодовая группа, содержащая восемь символов.

Из временно́й диаграммы цикла системы ИКМ-30 видно, что информационные блоки (символы) отдельных каналов следуют непрерывно друг за другом. При несинхронной их передаче информация одного канала может наложиться на информацию другого канала, что приведет к полному искажению передачи. Поэтому в системах коммутации с ИКМ необходимо осуществлять как тактовую, так и цикловую синхронизацию.

зова, при котором ВЦСП1 разрушается по окончании первого этапа, а на этапе 3 создается новый ВЦСП для посылки контрольного сигнала по любому свободному каналу СЛСП ПАС.

Другая особенность временно́й коммутации вытекает из требований, предъявляемых к коммутационным полям станций, которые должны осуществлять коммутацию любого входящего канала с любым исходящим каналом. Для этого необходимо предусмотреть возможность перестановки во времени передаваемых сигналов в пределах цикла таким образом, чтобы сигнал в i-м канале входящей СЛСП поступал в j-й канал исходящей соединительной линии.

Сдвиг каналов на другую временну́ю позицию производится для уменьшения потерь из-за внутренних блокировок, возникающих в коммутационном поле ЭУК ИЦСС при отсутствии общего канального интервала для коммутируемых соединений по СЛСП. Сдвиг каналов на другую временну́ю позицию должен осуществляться в коммутационном поле в двух направлениях передачи. На рис. 3.2 показан процесс сдвига каналов на другую временну́ю позицию для обоих направлений передачи при соединении, осуществляемом по линиям *1* и *2*. Предположим, что i-й канальный интервал выделен для вызова, поступающего по линии *1*, а j-й

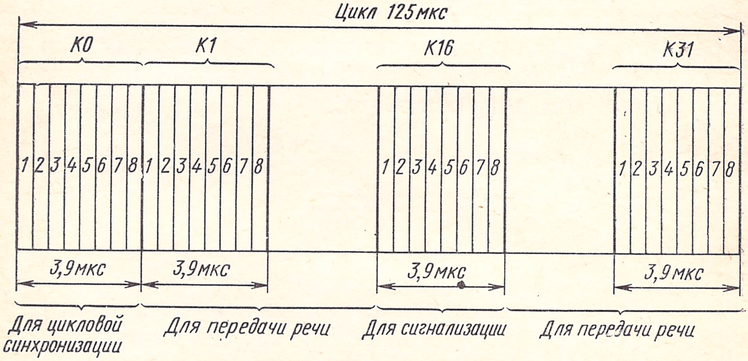

Рис. 3.1

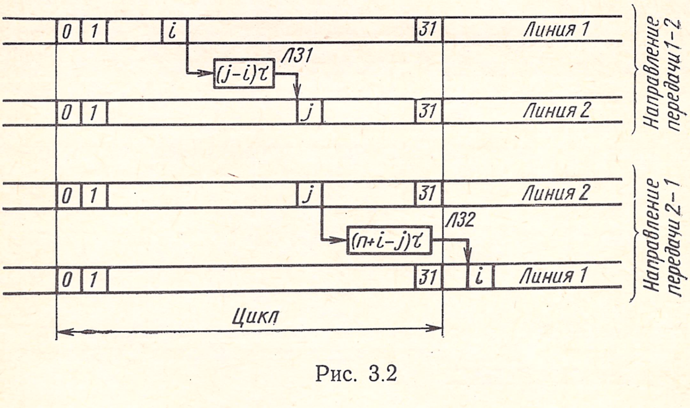

Рис. 3.2

канальный интервал выделен для вызова, поступающего по линии 2 (при этом j больше i). Тогда с помощью устройств задержки ЛЗ1 и ЛЗ2 речевой сигнал, передаваемый в i-м канальном интервале СЛСП1, может быть задержан на промежуток времени $j—i$ и сдвинут в j-й канальный интервал СЛСП2. В то же время речевой сигнал, передаваемый в j-м канальном интервале СЛСП2, может быть задержан на промежуток времени $n—(j—i)$ и сдвинут в i-й канал СЛСП1, где n — число канальных интервалов в одном цикле; τ — длительность одного канального интервала. Таким образом, передача информации в прямом и обратном направлениях должна происходить в разных циклах.

Сдвиг каналов на другую временну́ю позицию может быть реализован с помощью переменной или постоянной задержки, выполняющей функцию запоминающего устройства (ЗУ) и получившей название сдвигающего устройства (СУ). На примере схемы СУ можно наглядно проиллюстрировать сущность временно́й коммутации. Схема СУ, представленная на рис. 3.3,*а*, является примером устройства переменной задержки и содержит линию задержки из $n—1$ элементов, n вентилей и одну собирательную схему ИЛИ. Ко входу ЛЗ подклю-

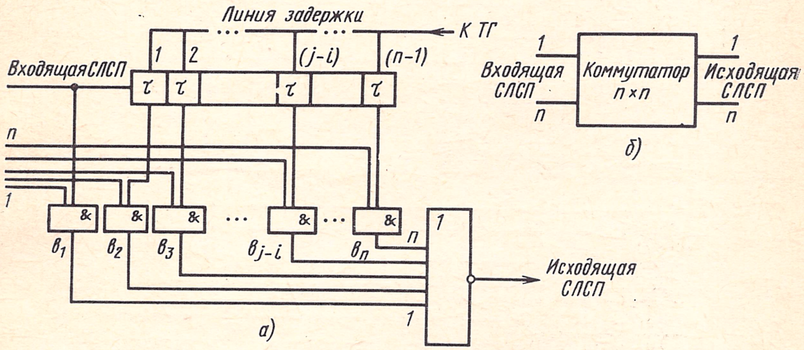

Рис. 3.3

чается входящая СЛСП, к выходу схемы ИЛИ — исходящая СЛСП. Число каналов в каждой исходящей и входящей линии равно n. На управляющий вход каждого вентиля может подаваться любая управляющая последовательность P_l, где $l=1, 2, ..., n$. Линия задержки под воздействием тактового генератора ТГ «передвигает» импульсы кодовых групп, поступающих в любом канале входящей линии, из одного элемента в другой. В каждом элементе кодовая группа сохраняется в течение времени, равного интервалу, отводимому для одного канала τ.

Допустим, что кодовую группу, поступающую по входящей линии в пятом канале, надо передать в седьмой канал исходящей линии. Для этого ее необходимо задержать в линии задержки на время 2τ. Задержка произойдет, если на управляющий вход вентиля b_5 подать управляющую последовательность седьмого канала P_7. В случае, если сигнал пятого канала надо передать в четвертый канал исходящей линии, то задержка должна быть равна $[n—(5—4)]\tau = (n—1)\tau$. Следовательно, управляющую последовательность P_5 надо подать

на управляющий вход вентиля b_{n-1}. Через вентиль b_1 коммутация каналов происходит без сдвига во времени.

Таким образом, в сдвигающем устройстве, которое является фактически ЗУ, осуществляется временна́я коммутация каналов. Сдвигающее устройство можно представить в виде эквивалентной схемы типа коммутатора емкостью $n \times n$ (рис. 3.3,*б*).

Необходимость в СУ возникает в тех случаях, когда в коммутируемых входящей и исходящей линиях отсутствуют синхронные каналы. Как правило, это имеет место в ЧНН. В часы малых нагрузок вполне вероятно наличие синхронных каналов, поэтому СУ в течение суток используется по эффективности не одинаково. Для повышения эффективности СУ и уменьшения их числа можно коммутировать СЛСП либо без СУ, либо с СУ с постоянным шагом сдвига, либо с СУ с переменным шагом сдвига (рис. 3.4). При этом подключение СУ к коммутируемым линиям может осуществляться по мере необходимости.

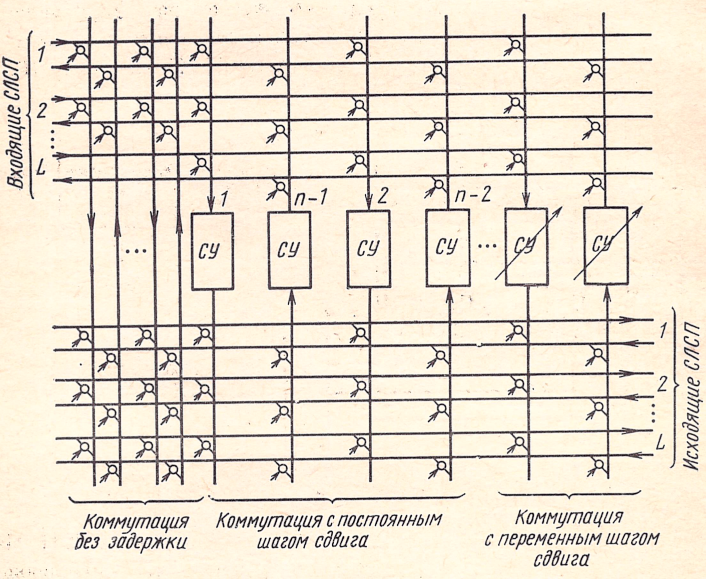

Рис. 3.4

Сдвигающие устройства с постоянным шагом сдвига задерживают канальные интервалы на входе на постоянное время, кратное длительности одного канального интервала τ, поэтому для временно́й коммутации требуется несколько СУ с различными значениями шага сдвига.

Разговорные тракты в схеме временно́й коммутации обычно являются четырехпроводными, так как в них включены усилители и другие приборы одностороннего действия. Поэтому при установлении соединения необходима пара путей: путь от входящей линии к исходящей и путь от исходящей линии к входящей. Первый обычно называют прямым путем, а второй — обратным. При

включении в эти пути СУ с постоянным шагом сдвига должно выполняться условие, чтобы сумма времен задержек в прямом и обратном путях была равна цикловому интервалу.

3.2. СТРУКТУРЫ КОММУТАЦИОННЫХ БЛОКОВ

В ЭУК ИЦСС применяются коммутационные блоки двух структур: блоки пространственной коммутации (БПК) и блоки временно́й коммутации (БВК).

Блок пространственной коммутации предназначен для синфазной коммутации каналов определенных входящей и исходящей СЛСП, поэтому он не требует включения в тракт запоминающих устройств (ЗУ). В БПК осуществляется коммутация каналов, занимающих в коммутируемых линиях одно и то же временно́е положение. Блок пространственной коммутации представляет собой пространственный коммутатор на N входов и M выходов. Во входы и выходы включены соответственно входящие и исходящие СЛСП с n временны́ми каналами. Такой коммутатор имеет NM точек коммутации, в каждой из которых включены электронные контакты типа импульсных вентилей (рис. 3.5,*а*). Каждый вентиль имеет два входа, из которых один является основным, а другой — управляющим, соединенным с управляющим комплектом (УК), и один выход. Управление вентилями осуществляется импульсными последовательностями P_i, временны́е положения которых синхронизированы с временны́ми положениями канальных интервалов системы ИКМ. Каждый вентиль может управляться любой последовательностью P_i, где $i=1, 2, \dots, n$, причем на управляющий вход вентиля может подаваться любое число последовательностей из n. При открывании вентиля его основной вход соединяется с выходом, в результате чего создаются условия для трансляции ИКМ сигналов от входящей к исходящей СЛСП в том канале, временно́е положение которого соответствует временно́му положе-

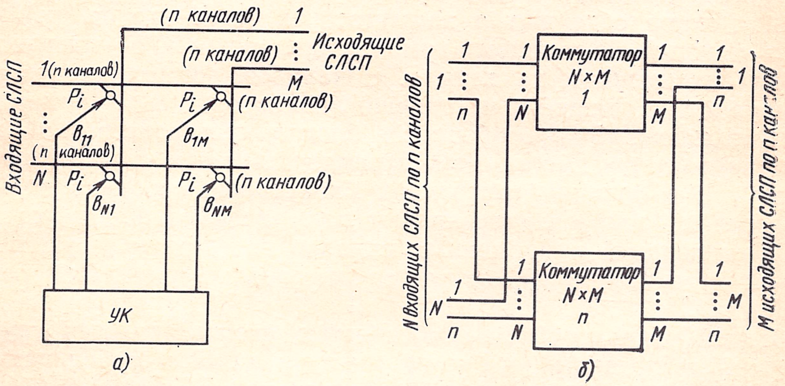

Рис. 3.5

нию управляющей последовательности P_i. Время открывания вентиля равно длительности импульса управляющей последовательности, которая, в свою очередь, равна длительности канального интервала τ.

Если необходимо установить соединение, например, между каналами *1*, *5* и *7* первой входящей линии с такими же каналами первой исходящей линии, а также между каналами *2*, *8* и *21* первой входящей линии с одноименными каналами исходящей линии *М*, то достаточно подать на управляющий вход вентиля $в_{11}$ последовательности P_1, P_5, P_7, а на управляющий вход вентиля $в_{1M}$ последовательности P_2, P_8, P_{21}.

На рис.3.5,*б* дана схема, изображающая пространственный эквивалент рассмотренного коммутационного блока емкостью $N \times M$ СЛСП с *n* импульсными каналами в каждой. На рис. 3.5,*б* каждая СЛСП показана в виде пучка из *n* обычных линий. Эквивалентная схема содержит *n* коммутаторов на *N* входов и *М* выходов каждый. В каждом коммутаторе возможна коммутация только одноименных каналов, т. е. каналов, занимающих в коммутируемых входящей и исходящей линиях одно и то же временно́е положение. Эта особенность блоков пространственной коммутации является вместе с тем существенным недостатком, проявляющимся в наличии внутренних блокировок, особенно в ЧНН. Внутренние блокировки возникают из-за невозможности установления соединений одноименных каналов вследствие отсутствия в момент коммутации свободных одноименных временны́х положений.

Второй отличительной особенностью схемы является групповое управление вентилями точек коммутации. Эта особенность характерна тем, что если какой-либо вентиль БПК, например $в_{11}$, управляется последовательностью P_i, то ее уже нельзя использовать для управления другими смежными вентилями как по горизонтали, так и по вертикали (на схеме рис. 3.5,*а* вентилями $в_{N1}$ и $в_{1M}$).

Блоки пространственной коммутации могут быть реализованы на интегральных схемах: например, на схемах И, ИЛИ, И-НЕ и мультиплексорах. На рис. 3.6 показана реализация БПК на схемах типа И, ИЛИ. Проключение соответствующего входа с соответствующим выходом в БПК осуществляется по командам из УК. В УК содержатся адреса входов и выходов БПК. Управляющие сигналы поступают из УК циклически в те моменты, когда должно осуществляться соединение соответствующего временно́го канала.

На рис. 3.7 показана реализация БПК на мультиплексорах. При использовании мультиплексоров БПК может управляться по выходу (рис. 3.7,*а*) или по входу (рис. 3.7,*б*). В первом случае для коммутации каналов в БПК используются мультиплексоры, а во втором случае — демультиплексоры. Каждый мультиплексор (демультиплексор) имеет информационные входы (1—*n*), адресный (управляющий) вход и выход. При подаче из УК управляющего

сигнала по адресному входу и наличии сигнала хотя бы на одном информационном входе на выходе мультиплексора (демультиплексора) появляется сигнал. Адресные сигналы появляются на управляющих входах в фиксированные моменты времени и периодически повторяются. Период их повторения равен периоду повторения канальной последовательности импульсов.

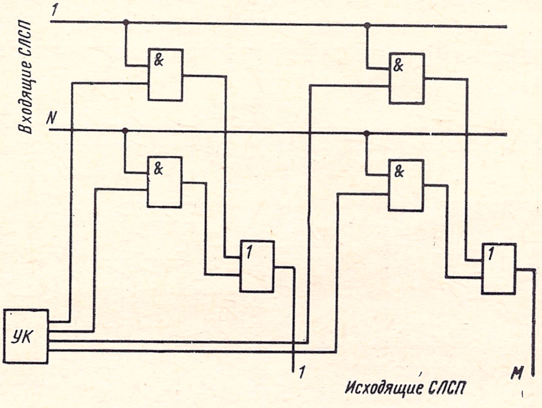

Рис. 3.6

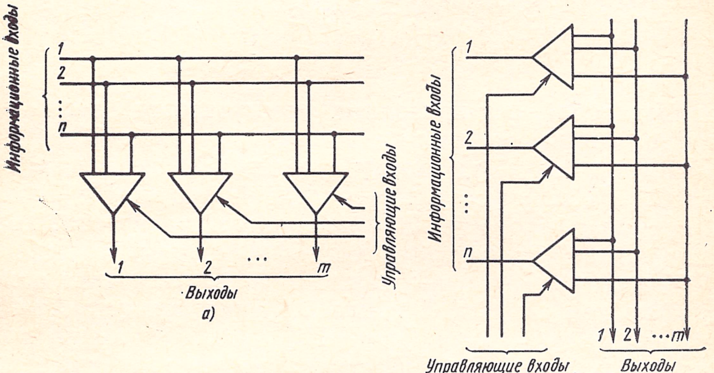

Рис. 3.7

При построении коммутационных полей ЭУК ИЦСС наряду с последовательной передачей разрядов кодовых групп по промежуточным линиям системы передачи применяется параллельная передача, которая позволяет довести общее число коммутируемых каналов до nr, где r — число разрядов в кодовой группе. Так, при использовании параллельной передачи разрядов кодовых групп в одном тракте ИКМ-30 можно организовать $32\times8=256$ каналов.

При параллельном способе передачи все r бит передаются параллельно по r проводам КП. В этом случае на входе КП необходимо устанавливать последовательно-параллельный преобразо-

ватель, в который информация записывается в последовательной форме, а считывается из него в параллельной, а на выходе КП — параллельно-последовательный преобразователь, в котором происходит обратное преобразование. При параллельном способе передачи в КП, построенном на БПК, должно для каждого соединения коммутироваться r проводов, а в КП, построенном на БВК, вместо последовательной памяти должна использоваться параллельная. Пространственный эквивалент БПК при параллельной передаче приведен на рис.3.8. Пространственный эквивалент БПК

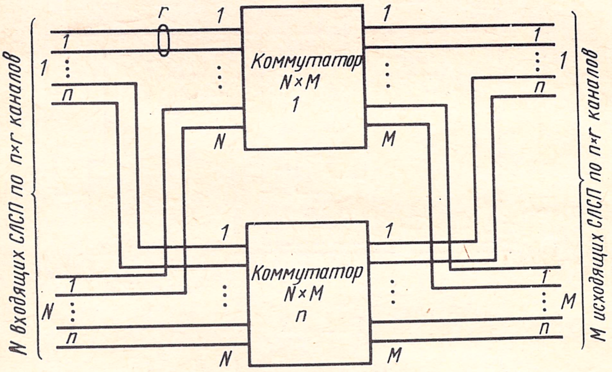

Рис. 3.8

представляет собой n r-проводных коммутаторов, каждая точка коммутации которых имеет r электронных контактов (вентилей). В таком коммутаторе могут коммутироваться N входящих и M исходящих СЛСП по nr каналов в каждой линии. На практике в блоках временно́й коммутации наибольшее распространение получила параллельная передача разрядов кодовых групп.

В БПК имеется возможность коммутировать только одноименные (синфазные) каналы. По этой причине коммутационные поля, построенные только на базе БПК, не получили на практике широкого применения. Для перегруппировки временны́х каналов между входящими и исходящими линиями применяются блоки временно́й коммутации (БВК).

Блок временно́й, или асинфазной, коммутации может быть реализован на СУ или оперативных информационных запоминающих устройствах (ИЗУ). Принцип временно́й коммутации с использованием СУ рассмотрен в § 3.1 и показан на рис. 3.4. С учетом современных тенденций в интегральной схемотехнике блоки временно́й коммутации, выполненные на ИЗУ, являются наиболее перспективными, поэтому они будут рассмотрены подробнее.

Информационные запоминающие устройства, на основе которых строятся БВК, предназначены для хранения и считывания информации, поступающей по коммутируемым каналам. Общее число ИЗУ равно числу коммутируемых трактов, а число ячеек в

каждом ИЗУ — числу каналов в каждом тракте. На рис. 3.9 показаны условное обозначение БВК (рис. 3.9,*а*), его пространственный эквивалент (рис. 3.9,*б*), упрощенное обозначение БВК с одним линейным трактом на входе и выходе (рис. 3.9,*в*), с N линейными трактами на входе и одним линейным трактом на выходе (рис. 3.9,*г*), одним линейным трактом на входе и M линейными трактами на выходе (рис. 3.9,*д*). Каналы входящей СЛСП подключаются к n ячейкам закрепленного за данной линией ИЗУ. Для коммутации одного

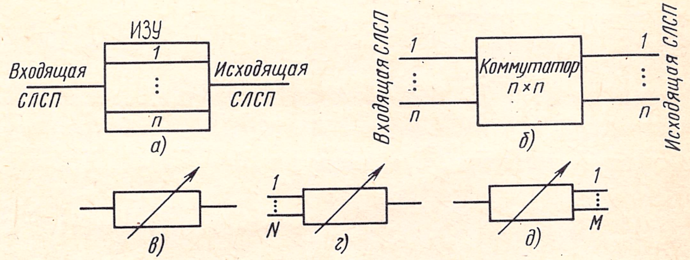

Рис. 3.9

тракта ИКМ-30 ИЗУ должно содержать 32 слова по 8 бит каждое. Информация в ячейках ИЗУ может храниться в течение времени, не превосходящего одного цикла. В интервале одной временно́й позиции необходимо произвести одну запись и одно считывание. Поэтому временно́й интервал разделен на две половины, в которых производятся раздельно запись и считывание памяти ИЗУ.

Если необходимо скоммутировать канал i с каналом j, то информация, хранящаяся в ячейке i ИЗУ, должна считываться в момент t_j, соответствующий j-му временно́му интервалу в цикле. Иначе говоря, соединение между i-м входящим каналом и j-м исходящим каналом произойдет в том случае, если кодовая группа входящего i-го канала задержится в ИЗУ БВК на такую величину, что она появится на выходе БВК в j-м временно́м интервале и тем самым попадет на j-й канал. Для обеспечения полнодоступности БВК информация, хранящаяся в любой ячейке ИЗУ, должна считываться в любом из n временны́х интервалов.

Блок временно́й коммутации осуществляет многопроводную коммутацию, т. е. коммутацию входящих каналов с исходящими для двух направлений передачи. Принцип коммутации в БВК показан на рис. 3.10. Для коммутации i-го канала на входе с j-м каналом на выходе требуется четырехпроводная линия (по два провода в каждом направлении передачи). Соединение между этими каналами можно символически обозначить $i \to j$ для прямого направления передачи и $j \to i$ для обратного направления передачи.

Для увеличения числа коммутируемых каналов в блоке временно́й коммутации при неизменном числе трактов можно: увеличивать скорость передачи каждого канала за счет уменьшения

длительности каждого канального интервала; осуществлять переход с последовательной передачи символов в кодовой группе каждого канала на параллельную.

Рассмотрим реализацию первого способа. На рис. 3.11 показан отрезок времени 125 мкс, соответствующий времени цикла аппа-

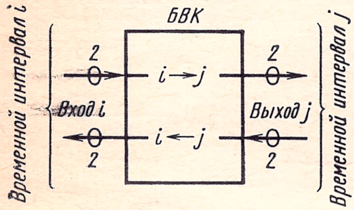

Рис. 3.10

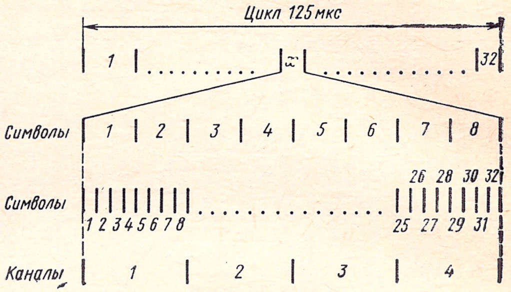

Рис. 3.11

ратуры ИКМ-30. Этот отрезок разделен на 32 канальных интервала. Каждый канальный интервал содержит кодовую группу из восьми символов. Скорость передачи в этом случае составляет 2048 кбит/с. Если скорость передачи в таком БВК будет увеличена в 4 раза до 8192 кбит/с, то длительность каждого символа уменьшится в 4 раза. Это позволит вместо прежних восьми символов в каждом канале разместить новые 32 символа. Из 32 символов можно сформировать четыре восьмиразрядные кодовые группы. Длительность четырех новых временны́х каналов равна длительности одного канала (3,9 мкс) в линейном тракте первичной системы передачи с ИКМ. При таком способе вместо прежних 32 каналов в соединительном тракте можно получить 128 временны́х каналов.

Используя четырехкратное увеличение пропускной способности, можно построить БВК, который обеспечивает непосредственную коммутацию четырех линейных трактов не по четырем, а по одному соединительному тракту. Для реализации такого блока ИЗУ делится на блоки ИЗУ$_1$ и ИЗУ$_2$ (рис. 3.14). При этом БВК, коммутирующий четыре тракта ИКМ-30, содержит четыре блока ИЗУ$_1$ и четыре блока буферного ИЗУ$_2$. Каждый блок ИЗУ$_1$ содержит 32 восьмисимвольных ЗУ. Каждый блок буферного ИЗУ$_2$ содержит одно восьмисимвольное ЗУ. Передача кодовых групп между блоками ИЗУ$_1$ и ИЗУ$_2$ осуществляется по одному 128-канальному соединительному тракту.

Дальнейшее увеличение пропускной способности БВК может быть достигнуто за счет реализации второго способа, т. е. перехода с последовательной передачи символов в кодовой группе каждого канала на параллельную. Принцип перехода с последовательного на параллельное распределение символов показан на рис. 3.13. Вводя сообщение из линейного тракта в восьмибитовое

буферное ИЗУ$_1$, можно каждый символ кодовой комбинации входящего канала записать в отдельную ячейку памяти ИЗУ$_2$ емкостью один бит (рис. 3.13, *а*) или емкостью восемь бит с параллельной записью и считыванием отдельных символов. При таком способе поступающие по любому каналу из тракта ИКМ-30

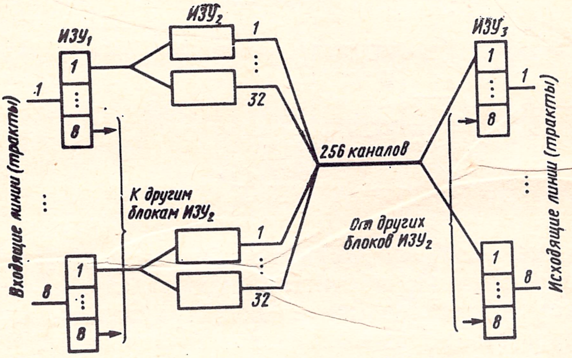

Рис. 3.12

сообщения могут быть записаны в 32 восьмибитовых ИЗУ$_2$ с параллельной записью и считыванием отдельных символов. Это позволяет осуществить раздельную передачу отдельных символов из ячеек памяти ИЗУ$_2$ на входящей стороне БВК в ячейки буферной памяти ИЗУ$_3$ (на рисунке не показано) на исходящей

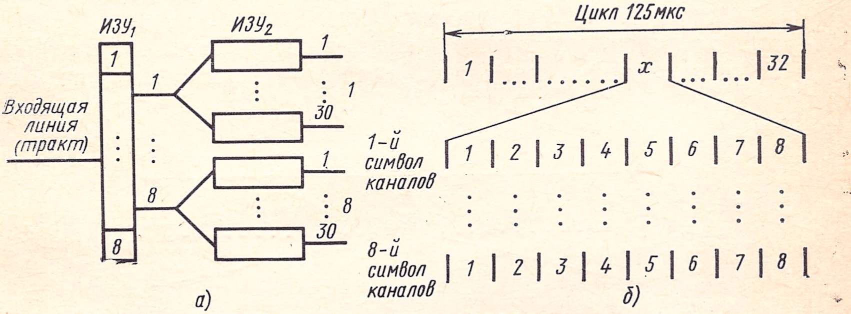

Рис. 3.13

стороне БВК. Запись каждого символа кодовой группы по отдельности позволяет передавать в течение длительности τ одной кодовой группы кодовые группы восьми каналов по отдельным путям и таким образом за время цикла 125 мкс передать вместо 32 кодовых групп 256 (рис. 3.13, *б*).

Используя совместно оба описанных способа увеличения числа каналов, можно создать коммутационное поле для коммутации восьми линейных трактов (рис. 3.12). В состав такого БВК

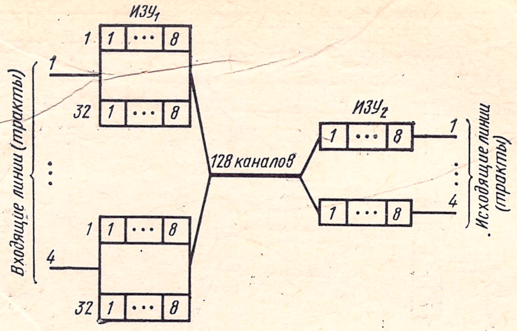

Рис. 3.14

входят восемь ИЗУ$_2$ по 32 восьмибитовые ячейки с раздельной параллельной записью и считыванием отдельных символов и восемь 256-канальных соединительных трактов. Каждый линейный тракт содержит одно восьмибитовое буферное ИЗУ$_1$, из которого сообщения переносятся в восемь параллельно размещенных в пространстве блоков ИЗУ$_2$, каждый из которых содержит один соединительный тракт на 256 каналов. На исходящей стороне БВК с каждым из восьми трактов соединено буферное ИЗУ$_3$, в которое поступают сообщения из восьми параллельно распределенных в пространстве блоков ИЗУ$_2$.

Совместное использование описанных выше способов организации трактов БВК (увеличение скорости передачи и переход на параллельное распределение символов кодовых групп каждого канала) позволяет, например, за время одного цикла, равного 125 мкс, получить на каждом канальном интервале длительностью 3,9 мкс 32 новых канала, т. е. всего 1024 канала (рис. 3.15).

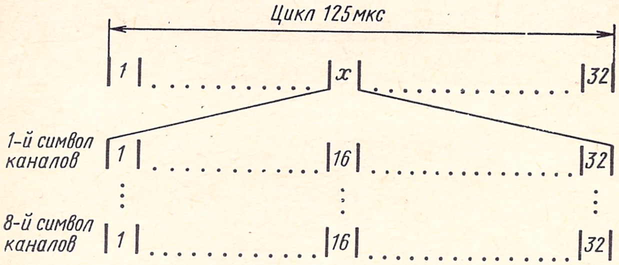

Рис. 3.15

Основной соединительный тракт в данной системе содержит 1024 временны́х канала (рис. 3.16). Система для коммутации 32 линейных трактов состоит из восьми элементарных блоков, коммутирующих 32×32 ИЗУ$_2$ с 32 линейными трактами по одному

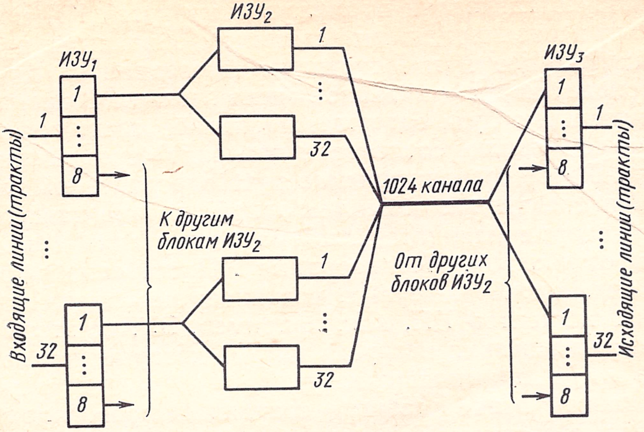

Рис. 3.16

соединительному тракту на 1024 канала. Для коммутации таких же 32 трактов без уплотнения их в БВК потребовалось бы 32 соединительных тракта по 32 канала в каждом.

Необходимо отметить, что рассмотренные структуры БВК, выполненные на основе применения ИЗУ, не требуют наличия СУ, так как информация, хранящаяся в течение одного цикла в любой ячейке ИЗУ, должна считываться в любом из n временных интервалов.

На самой ранней стадии развития временна́я коммутация ИКМ сигналов считалась невыгодной, если для нее требовалось большое число ЗУ. В те времена предпочтение отдавали пространственной коммутации ИКМ сигналов. Однако в результате быстрого развития техники интегральных микросхем стоимость одного бита памяти стала гораздо меньше стоимости вентиля. Поэтому перспективным направлением является использование большего объема памяти (в БВК) и меньшего числа вентилей (в БПК).

3.3. СТРУКТУРЫ КОММУТАЦИОННЫХ ПОЛЕЙ

На основе рассмотренных в предыдущем параграфе блоков коммутации БПК и БВК могут строиться коммутационные поля различных структур. В общем случае коммутационные поля можно строить только на основе применения БПК или БВК. Однако более экономичный вариант достигается при их комбинированном использовании. В дальнейшем условимся называть КП, составленное только из БПК, полем типа П, а КП, составленное только из БВК, полем типа В. Комбинируя коммутационные поля типов В и П, можно получить двухзвенные структуры П-В и В-П, трехзвенные П-В-П и В-П-В, а также многозвенные, построенные на различном сочетании блоков П и В.

По способу организации промежуточных путей КП могут быть однородными и неоднородными (системы с обходными путями). В однородных КП все пути однотипны и соединение от входа к выходу проходит через одинаковое число звеньев. В неоднородных КП соединительные пути содержат различное число точек коммутации и, следовательно, соединения проходят через различное число звеньев. Выбор соединительного пути определенной длины при установлении соединения в неоднородной системе зависит от состояния, в котором находится система коммутации в момент установления соединения. Неоднородные КП особенно эффективны в тех случаях, когда, во-первых, возникает необходимость в экономии таких элементов КП, как, например, ЗУ; во-вторых, когда нужно достичь снижения нагрузки на УУ, которые устанавливают соединения в КП по кратчайшим путям.

На начальном этапе развития техники цифровой коммутации неоднородные структуры КП, несмотря на более сложное управление, нашли применение в подавляющем большинстве экспериментальных разработок цифровых КП. Это объясняется прежде всего стремлением разработчиков уменьшить объем дорогостоящих ЗУ. Однако в связи с быстрым прогрессом в области создания интегральных микросхем и снижением их стоимости наметилась тенденция широкого применения однородных КП, поэтому в данном параграфе особое внимание будет уделено однородным КП.

Рассмотрим двухзвенные однородные структуры КП: П-В и В-П. На рис. 3.17,*а*,*б* даны соответственно структурная схема

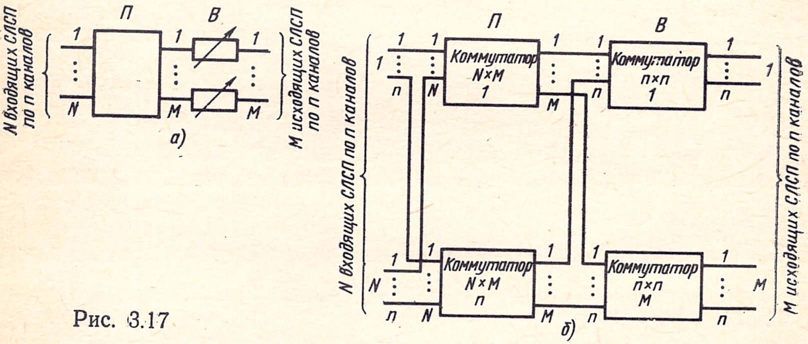

Рис. 3.17

КП типа П-В и ее пространственный эквивалент. В первом пространственном звене КП происходит синфазная коммутация каналов определенной входящей соединительной линии с определенной исходящей соединительной линией. Так, в первом пространственном коммутаторе $N \times M$ коммутируются первые каналы любой входящей линии с первыми каналами любой исходящей линии. В n-м пространственном коммутаторе $N \times M$ коммутируются n-е каналы любой входящей линии с n-ми каналами любой исходящей линии. Следовательно, число коммутаторов на первом звене П равно числу каналов n в каждом коммутируемом тракте ИКМ.

Изменение временно́го положения канала, скоммутированного на первом звене пространственной коммутации, происходит на втором звене В временно́й коммутации. В этом звене первый коммутатор $n \times n$ осуществляет перенос скоммутированного на звене П определенного входящего канала в любое временно́е положение первой исходящей линии. В M-м коммутаторе звена В происходит перенос скоммутированного на звене П определенного входящего канала в любое временно́е положение M-й исходящей линии. Число коммутаторов на этом звене равно числу исходящих трактов M.

На рис. 3.18,*а, б* даны соответственно структура КП типа В-П и ее пространственный эквивалент. На первом временно́м звене КП осуществляется перенос входящего канала в любое временно́е положение. Так, в первом временно́м коммутаторе $n \times n$ осуществляется перенос входящего канала первой входящей СЛСП в любое временно́е положение из n. В последнем N-м временно́м коммутаторе $n \times n$ осуществляется перенос входящего канала N-й входящей СЛСП в любое временно́е положение из n. Число таких коммутаторов на первом звене равно общему числу входящих трактов N.

На втором пространственном звене КП происходит синфазная коммутация каналов входящих линий с исходящими. В первом пространственном коммутаторе $N \times M$ коммутируется первый канал любой входящей линии с первым каналом любой исходящей линии. В последнем n-м пространственном коммутаторе коммутируются n-й канал любой входящей линии с n-м каналом любой исходящей линии. Таким образом, число пространственных коммутаторов на втором звене равно числу каналов n в каждом коммутируемом тракте ИКМ.

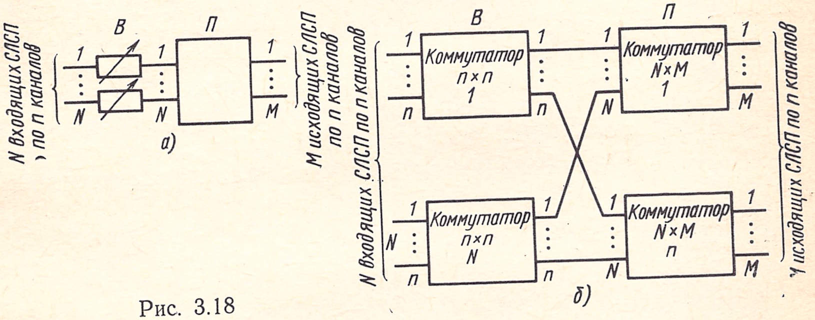

Рис. 3.18

Для построения трехзвенных структур КП можно использовать различные сочетания блоков П и В, однако на практике наибольшее распространение получили однородные структуры П-В-П и В-П-В. На рис. 3.19,*а, б* показаны соответственно структурная схема КП типа П-В-П и ее пространственный эквивалент. На первом звене этого КП установлены пространственные коммутаторы. Ко входам каждого пространственного коммутатора вклю-

чаются N входящих СЛСП. Число выходов из каждого коммутатора П первого звена зависит от поступающей нагрузки и может быть меньше числа входов N. На первом звене осуществляется проключение входящего канала к промежуточной линии без смены временно́го интервала канала. Число коммутаторов на первом звене равно числу входов в каждом временно́м коммутаторе второго звена, т. е. числу временны́х интервалов одного тракта ИКМ.

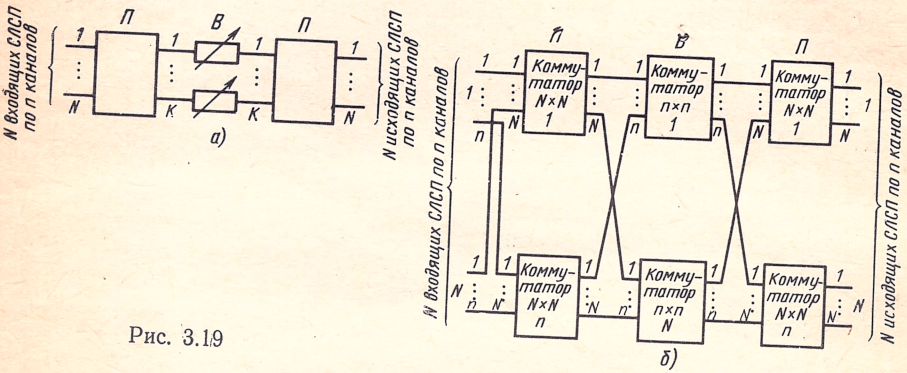

Рис. 3.19

На втором временно́м звене КП происходит изменение временно́го положения канала, скоммутированного на первом пространственном звене. Для этой цели в схемах памяти второго звена постепенно накапливается цифровая информация отдельных каналов, подключаемых входными пространственными коммутаторами ко второму звену на время, соответствующее каждому входному каналу. Из устройств памяти цифровая информация передается во временно́м интервале, соответствующем требуемому временно́му положению на выходе. В этом временно́м положении сигнал коммутируется через третье звено пространственной коммутации.

На рис. 3.20,*а*, *б* показаны соответственно структурная схема КП типа В-П-В и ее пространственный эквивалент. На первом

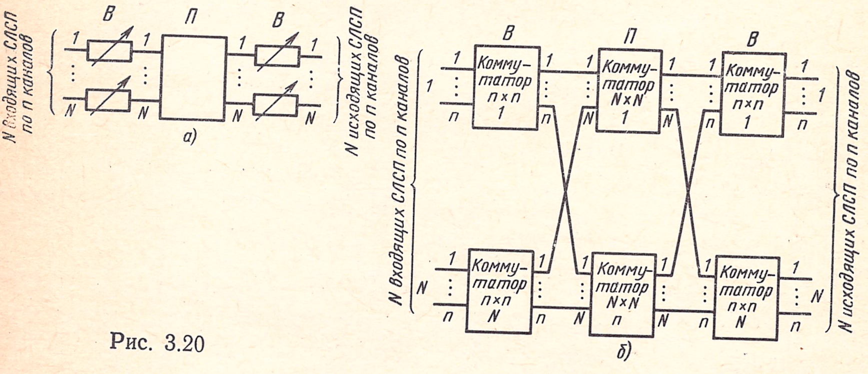

Рис. 3.20

звене этого КП осуществляется изменение временно́го положения входящего канала. Поэтому сигнал, коммутируемый через второе звено пространственной коммутации, имеет иное по сравнению с первым звеном временно́е положение. С выхода пространственного звена сигнал поступает на вход выходного (третьего) звена временно́й коммутации, в котором также может быть произведено изменение временно́го положения. Двукратное изменение временно́го положения в схеме типа В-П-В дает возможность максимально использовать свободные временны́е положения в звене П.

Например, если требуется соединить i-й канал первой входящей СЛСП с j-м каналом N-й исходящей СЛСП, то в звене П можно использовать два свободных временны́х положения, например p и q. Одно временно́е положение (положение p) используется для коммутации этих каналов через звено П в прямом направлении передачи (вход 1, i с выходом N, j), а второе временно́е положение (положение q) — в обратном направлении передачи (выход 1, i со входом N, j). На рис. 3.21 показан принцип двойного изменения временно́го положения канала в КП типа В-П-В.

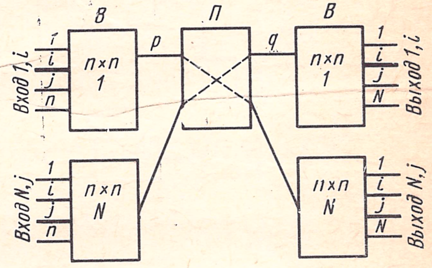

Рис. 3.21

Указанные две трехзвенные структуры являются основными структурами систем временно́й коммутации. На их основе для узлов коммутации большой емкости могут создаваться более сложные комбинированные структуры КП, например В-П-В-П-В или П-В-П-В-П. При этом ступень пространственной коммутации может иметь многозвенную структуру и содержать i звеньев. В этом случае комбинированные структуры КП представляют собой структуры $П_i$-В-$П_i$, В-$П_i$-В и т. д. Используя многозвенные ступени пространственной коммутации, можно создать также несимметричные структуры, как, например, В-$П_i$ или $П_i$-В.

3.4. ВЗАИМОСВЯЗЬ ПРЯМОГО И ОБРАТНОГО ПУТЕЙ В КП ИЦСС

Разговорные тракты в цифровых системах коммутации обычно являются четырехпроводными. Это объясняется тем, что в эти тракты включаются усилители, которые являются приборами одностороннего действия. Поэтому при установлении соединения через КП ИЦСС необходима пара путей: прямой от вызывающего абонента к вызываемому и обратный от вызываемого абонента к вызывающему. Для разделения прямого и обратного путей может использоваться временно́й (рис. 3.22) и пространственный (рис. 3.23) принципы.

Коммутация прямого пути осуществляется во временно́м интервале i, а обратного — в интервале j с использованием одной

общей уплотненной цепи ОЦ. Коммутация прямого и обратного путей осуществляется в одном и том же временно́м интервале i. Однако для обоих путей используются разные общие цепи: для прямого пути — $ОЦ_1$, для обратного — $ОЦ_2$.

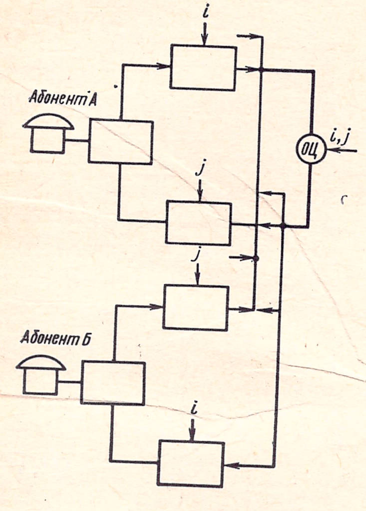

Рис. 3.22

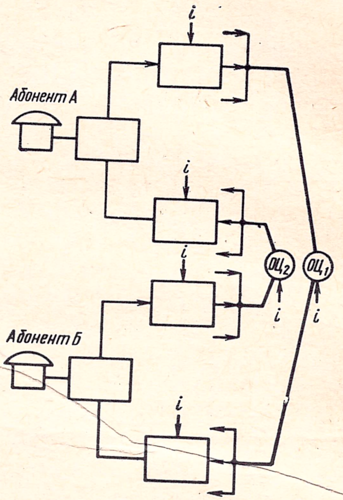

Рис. 3.23

Метод временно́го разделения прямого и обратного путей не получил на практике широкого применения, так как при его использовании наполовину сокращается емкость КП. Это объясняется тем, что для передачи и приема разговорных сигналов необходимо выделить не один, а два временны́х интервала. Наиболее широко используется пространственное разделение прямого и обратного путей в КП ИЦСС.

Для упрощения процесса управления коммутацией прямого и обратного путей в КП ИЦСС используется принцип парной взаимосвязи. Этот принцип основан на том, что между канальными интервалами, подаваемыми на прямой и обратный пути, устанавливается определенная взаимосвязь. Рассмотрим реализацию принципа парной взаимосвязи на примере временно́го разделения прямого и обратного путей (рис. 3.24). При временно́м разделении можно использовать два канальных интервала, которые разделены, например, половиной цикла $(n/2)\tau$. Для этой цели в ОЦ должна быть включена схема задержки, которая задержит временно́й интервал i на время $(n/2)\tau$. Следовательно, при наличии схемы задержки в ОЦ можно выделить один канальный интервал для передачи и приема разговорных сигналов каждого абонента.

На рис. 3.25 показана реализация принципа парной взаимосвязи на примере пространственного разделения прямого и обратного путей. Разговорный сигнал от вызывающего абонента А во временно́м интервале i поступает в $ОЦ_1$, в которую включено

сдвигающее устройство $СУ_1$. С помощью $СУ_1$ сигнал вызывающего абонента коммутируется во временно́й интервал j и передается в этом интервале вызываемому абоненту Б. Разговорный сигнал от вызываемого абонента Б во временно́м интервале j посту-

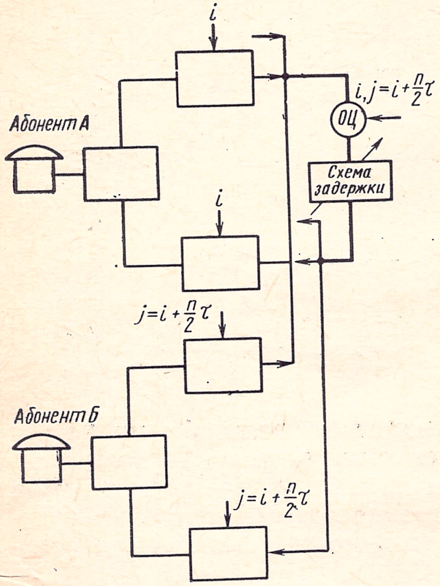

Рис. 3.24

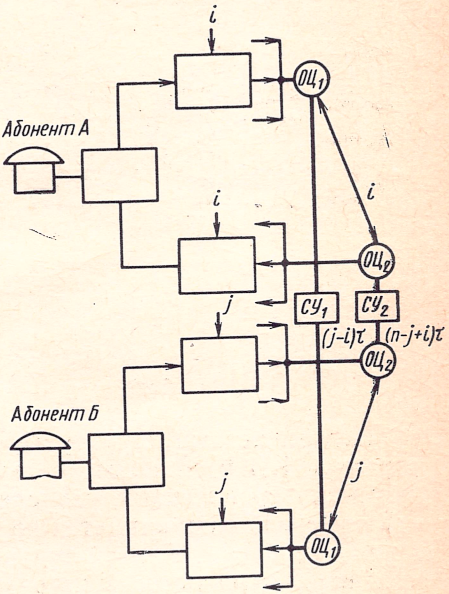

Рис. 3.25

пает в $ОЦ_2$ и с помощью $СУ_2$ коммутируется во временно́й интервал i и подается в этом интервале вызывающему абоненту А. Из рисунка видно, что благодаря наличию задержек $СУ_1$ и $СУ_2$ можно одновременно управлять вентилями в $ОЦ_1$ и $ОЦ_2$ во временно́м интервале i и во временно́м интервале j.

Для организации прямого и обратного путей может использоваться либо неразделенная (одинарная) структура КП, либо разделенная (двойная) структура КП. В первое случае передача через КП должна осуществляться в двух направлениях, а во втором случае — только в одном направлении. На рис. 3.26,*а* показано, как устанавливаются прямой и обратный пути в КП типа П-В-П с неразделенной структурой, а на рис. 3.26,*б* — с разделенной структурой. Во втором случае верхняя часть оборудования на рис 3.26,*б* служит для коммутации только прямых путей, а нижняя часть оборудования на рис. 3.26,*б* — для коммутации только обратных путей. Иначе говоря, используются КП с одинаковыми структурами, но с различными направлениями передачи.

На рис. 3.27,*а*, *б* показана коммутация прямого и обратного путей в КП типа В-П-В с неразделенной и разделенной структурами. Как видно из рисунка, в КП типа В-П-В происходит дву-

кратное изменение временнóго положения коммутируемой линии в первом и третьем звеньях временнóй коммутации. Во втором звене пространственной коммутации временнóе положение j-й коммутируемой линии не меняется, а осуществляется только его перенос в пространстве.

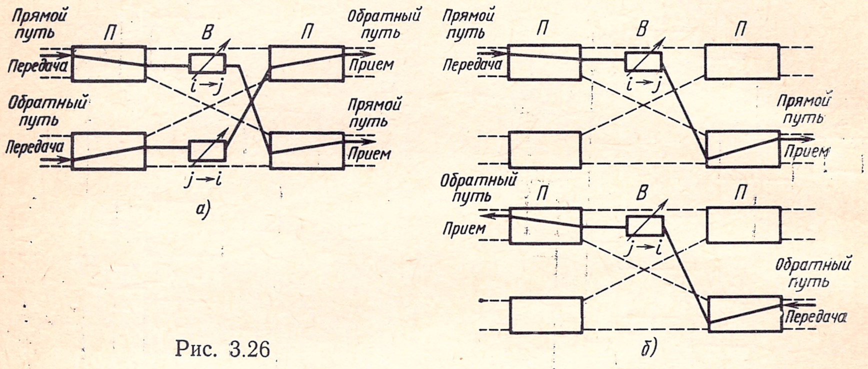

Рис. 3.26

Неразделенные структуры относятся к более общему классу структур КП и обладают большими коммутационными возможностями по сравнению с разделенными. При выборе той или иной структуры КП принимается во внимание прежде всего симметричность структуры. С этой точки зрения предпочтение также отдается неразделенным структурам.

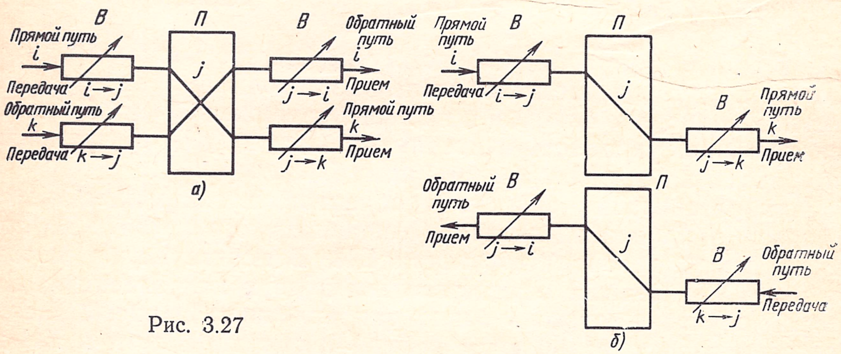

Рис. 3.27

4. ПРИНЦИПЫ УПРАВЛЕНИЯ НА ЦИФРОВЫХ АТСЭ

4.1. ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ УПРАВЛЯЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ В АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ КОММУТАЦИИ

Управляющие устройства являются одним из основных видов оборудования любой автоматической телефонной станции. Общим назначением управляющего оборудования является управление процессом обслуживания потока поступающих вызовов с целью

установления соединительных путей между входами и выходами коммутационного поля станции и образования разговорного тракта. При обслуживании любого вызова управляющие устройства принимают информацию о требуемом соединении, обрабатывают ее, осуществляют поиск свободных соединительных путей в КП и устанавливают соединение.

Существует большое разнообразие видов управляющих устройств, обусловленное разными структурами КП АТС, различными конструкциями коммутационных приборов, образующих КП, и другими факторами. С каждой новой системой АТС появлялся свой вид управляющего оборудования.

Состав управляющего оборудования в электромеханических системах АТС зависит главным образом от принятых способов управления (непосредственный и косвенный) и способов установления соединения (прямой или обходной). Развитие управляющего оборудования этих систем шло по пути постепенного перехода от индивидуальных управляющих устройств к групповым (регистры, маркеры), а также централизации устройств управления, в результате чего повышается эффективность их использования. Степень централизации во многом зависит от быстродействия элементной базы управляющего оборудования и их надежностных характеристик. Применение электронных (бесконтактных) элементов позволило достигнуть высокой степени централизации. При этом оказалось возможным создать принципиально новые способы управления процессами обслуживания вызовов — программные способы.

Все электромеханические системы АТС функционируют без заранее заданной программы. Управляющие устройства этих АТС имеют рассредоточенные функциональные связи, а алгоритм их работы задается манипуляциями абонента (снятие микротелефонной трубки, набор номера). Программное управление предполагает наличие центрального управляющего устройства (ЦУУ), в которое закладывается заранее заданная программа работы АТС, обеспечивающая процесс обслуживания вызовов по определенному алгоритму, не зависящему от абонента. Программное управление используется во всех новейших автоматических системах коммутации квазиэлектронного и электронного типов.

Различают два способа программного управления: управление по замонтированной программе и управление по записанной программе. В первом случае программа функционирования АТС определяется жесткими функциональными связями внутри блоков и между блоками ЦУУ, выполненными в виде монтажа. Алгоритм работы постоянен, а темп задается тактовым генератором. Основным недостатком управления по замонтированной программе является сложность изменения программы, обусловленная необходимостью перемонтажа оборудования.

Наибольшее распространение при создании новейших систем АТС, в том числе цифровых АТСЭ, получил способ управления по записанной программе. В этом случае программа функциониро-

вания АТС, которая представляет собой набор команд и определяет порядок обслуживания вызовов, вводится (записывается) каким-либо образом, например с помощью заранее изготовленных перфокарт, в ЗУ управляющего оборудования и хранится в нем. При необходимости программа (или ее часть) легко может быть заменена путем перезаписи программы в ЗУ.

В качестве ЦУУ с записанной программой управления используются специализированные ЭВМ — электронные управляющие машины. Достоинствами применения ЭУМ в качестве ЦУУ являются:

возможность создания универсального управляющего оборудования для АТС различного назначения (городских, междугородных, сельских, учрежденческих), отличающегося только программами работы;

гибкость в эксплуатации, обеспечивающая путем изменения программ легкую приспособляемость к различным структурным построениям телефонных сетей, подверженных к тому же постоянным изменениям в результате их развития;

предоставление абонентам большого числа различного рода дополнительных видов обслуживания (ДВО) программными средствами;

организация программными средствами технической эксплуатации (процессов контроля, диагностики и локализации неисправностей) всего оборудования АТС, в том числе и самой ЭУМ, что резко сокращает эксплуатационные расходы; при этом создается возможность централизации технической эксплуатации на сети в целом или на отдельных ее участках;

автоматизация сбора статистических данных о трафике, надежности оборудования и других характеристиках;

возможность организации автоматизированной системы управления сетью связи путем обеспечения взаимодействия ЭУМ различных АТС сети.

Наряду с большими достоинствами программного управления высокая степень централизации управляющего оборудования приводит к необходимости принятия мер по обеспечению надежности действия ЭУМ. Это достигается за счет применения высоконадежных электронных элементов и разветвленного резервирования, что, в свою очередь, повышает стоимость управляющего оборудования.

За последние годы в связи с бурным развитием электронной и вычислительной техники (появлением высоконадежных больших интегральных схем (БИС), микро-ЭВМ и микропроцессоров) наметилась тенденция к частичной децентрализации управляющего оборудования в АТС с записанной программой управления.

4.2. ЭЛЕКТРОННАЯ УПРАВЛЯЮЩАЯ МАШИНА ЦИФРОВЫХ АТСЭ

В любой АТС с управлением по принципу записанной программой функционирования в качестве центрального управляющего устройства применяется ЭУМ. Электронные управляющие машины

представляют отдельный класс цифровых вычислительных машин, предназначенных для управления объектами или технологическими процессами. В автоматических системах коммутации ЭУМ управляют также технологическим процессом — процессом обслуживания потока вызовов. Каждая специализированная ЭУМ имеет свои особенности, обусловленные характером управляемого процесса. Эти особенности определяют ее архитектуру, т. е. комплекс основных аппаратных и программных средств, обеспечивающих обработку информации, которая необходима для управления объектами, а также ее технические и эксплуатационные характеристики.

Отличительными особенностями ЭУМ АТС являются:

связь с большим числом внешних управляемых объектов (элементов КП и комплектов), достигающих на крупных АТС десятков тысяч. Это требует от ЭУМ высоких быстродействия (до 1 млн. и более операций в секунду) и производительности (число вызовов, обслуживаемых в единицу времени), а также наличия большого объема памяти;

работа в режиме реального масштаба времени (РМВ) [1], что требует особой организации процессов управления, в частности многопрограммного управления, и специфического программного обеспечения;

относительное постоянство программ функционирования, что определяет целесообразность применения в ЭУМ двух видов памяти: постоянной для хранения программ и оперативной;

преобладание в программах логических операций над арифметическими, а также наличие специальных операций, не требующихся в универсальных ЭВМ. Это приводит к необходимости использовать в ЭУМ специфическую систему команд;

круглосуточное функционирование в течение десятков лет. Отсюда вытекают требования высокой надежности и долговечности.

Одна и та же ЭУМ может быть использована в качестве ЦУУ как для квазиэлектронных, так и для цифровых электронных АТС. Первые из них достаточно подробно описаны в учебной литературе, поэтому здесь мы ограничимся только краткими сведениями об устройстве ЭУМ и ее системе команд. На рис. 4.1 изображена обобщенная структурная схема ЭУМ. Основными составными частями ЭУМ являются процессор (Пр), программное (ПЗУ) и оперативное (ОЗУ) запоминающие устройства, а также канал ввода-вывода (КВВ).

В ПЗУ хранятся программы функционирования ЭУМ и посто-

[1] Под РМВ следует понимать такой темп работы машины, который согласуется с заданным какими-либо параметрами темпом управляемого процесса. Применительно к ЭУМ АТС это означает, что обработка внутри машины информации, поступающей от управляемых объектов, формирование и выдача управляющих команд в устройства коммутационного оборудования станции должны производиться с такой скоростью и в такие сроки, чтобы была гарантирована правильность соединения, а время установления соединения в целом и на отдельных этапах не превышало бы заданных норм.

янные данные (константы). Программа представляет собой набор команд, записанных на языке, понятном машине. Конструктивно ПЗУ выполняется в виде постоянного или полупостоянного ЗУ, в котором возможно только считывание информации (команд программы или констант); при этом считанная информация не разрушается.

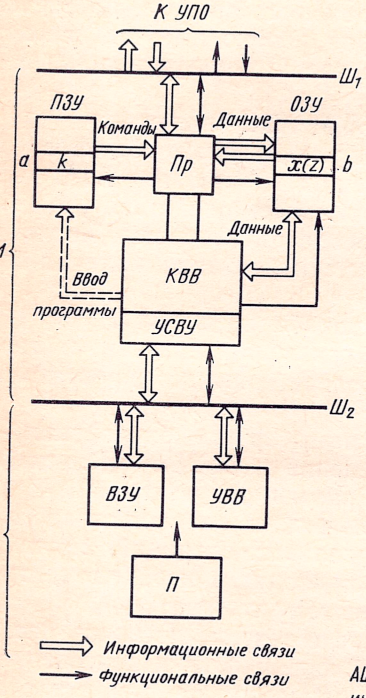

Рис. 4.1

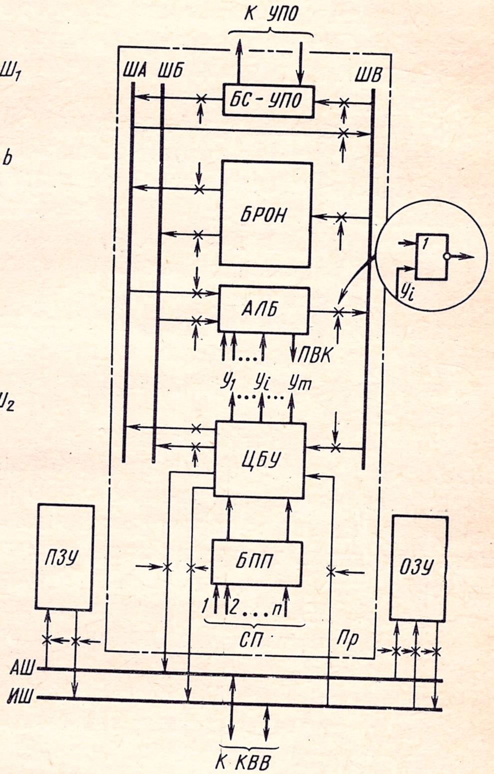

Рис. 4.2

Для приема (записи), хранения и выдачи (чтения) информации, изменяющейся в процессе обслуживания вызовов, предназначено ОЗУ. В ОЗУ считанная информация стирается. Если ее надо сохранить, то после считывания она должна быть восстановлена (регенерирована). Весь объем памяти ОЗУ делится на функциональные массивы. В каждом массиве содержится информация одного функционального назначения. Массивы ОЗУ, а также ПЗУ состоят из наборов ячеек памяти. Для обращения к ячейкам им присваиваются упорядоченные определенным образом адреса.

Процессор, являясь мозговым центром машины, принимает из ПЗУ команды программ, расшифровывает и реализует их. Через периферийную шину $Ш_1$ процессор имеет двустороннюю связь с

устройствами промежуточного оборудования цифровой АТСЭ — АПИ, АПерИ, ПАС, ПНИ и УУКП (см. рис. 2.3). В процессе работы процессор получает информацию о вызовах от абонентов концентраторов, а по цифровым каналам — от других опорных станций или транзитных узлов, обрабатывает эту информацию, формирует и выдает приказы в виде периферийных команд в устройства промежуточного оборудования.

Структура процессора, т. е. состав блоков, выполняемые ими функции и организация их взаимосвязи, зависит от системы команд, реализуемой Пр, требования к быстродействию, используемой элементной базы, конструктивно-монтажного оформления ЭУМ и других факторов.

Канал ввода-вывода служит для связи ЭУМ с ее внешними устройствами (ВУ) и может быть выполнен в виде специализированного микропроцессора, имеющего свою программу функционирования. Он работает по командам процессора, имея вместе с тем возможность обращения к нему.

К ВУ относятся внешние запоминающие устройства (ВЗУ) и устройства ввода-вывода (УВВ). В качестве ВЗУ могут использоваться накопители на магнитных барабанах, лентах или дисках; ВЗУ является дополнительной памятью к основному (внутреннему) ЗУ машины, в которой может храниться оперативная информация, редко используемая при обслуживании вызовов, статистические данные о телефонной нагрузке, данные, необходимые для учета стоимости разговоров, и др. Канал ввода-вывода обеспечивает обмен информацией между ВЗУ и ОЗУ. Накопители позволяют хранить большой объем информации при малых затратах. Применение ВЗУ существенно сокращает объем дорогостоящей памяти ЗУ. Устройства ввода-вывода предназначены для организации диалога «человек — машина» в процессе технической эксплуатации ЭУМ. В состав УВВ могут входить телетайпы, алфавитно-цифровые печатающие устройства, устройства ввода информации с перфокарт или перфолент.

Для взаимодействия устройств ЭУМ между ними организованы функциональные и информационные связи. Функциональные связи — это связи по управлению для передачи управляющих сигналов, которые вырабатывает центральный блок управления процессора. Управляющие сигналы обеспечивают включение информационных связей, по которым передаются команды и данные.

В состав оборудования ЭУМ обязательно входит пульт управления (П), с помощью которого оператор может контролировать работу ЭУМ, а при необходимости и управлять ее работой. Основными задачами оператора являются запуск и останов любой программы, чтение и запись информации в ОЗУ, обращение к любому блоку процессора.

Общий порядок работы ЭУМ рассмотрим на примере выполнения одной команды. Пусть требуется выполнить команду k, расположенную в ячейке ПЗУ с адресом a (см. рис. 4.1). Согласно этой команде необходимо произвести не-

которую операцию с информационным словом x (операндом), размещенным в ячейке ОЗУ с адресом b, и результат операции поместить в эту же ячейку ОЗУ вместо операнда. Команда может быть выполнена за четыре такта:

такт 1 — обращение Пр к ПЗУ по адресу a и пересылка команды k из ПЗУ в Пр: $Пр \xrightarrow{a} ПЗУ \xrightarrow{k} Пр$. В этой символической записи микрооперации, выполняемой за первый такт, стрелки указывают информационные связи между Пр и ПЗУ, а буквы над стрелками поясняют содержание передаваемой информации;

такт 2 — расшифровка команды, определение адреса операнда x и выполнение второй микрооперации, которая заключается в обращении Пр к ОЗУ по адресу b и пересылке операнда x в Пр: $Пр \xrightarrow{b} ОЗУ \xrightarrow{x} Пр$;

такт 3 — выполнение заданного командой действия над операндом x и получение результата z. Эта микрооперация выполняется внутри процессора;

такт 4 — помещение результата z в ячейку ОЗУ по адресу b: $Пр \xrightarrow{z} ОЗУ$.

На рис. 4.2 изображена сокращенная структурная схема процессора и показана его взаимосвязь с другими устройствами ЭУМ. Процессор содержит следующие основные блоки: центральный блок управления (ЦБУ), арифметико-логический блок (АЛБ), блок регистров общего назначения (БРОН), блок сопряжения с устройствами промежуточного оборудования АТСЭ (БС-УПО), блок прерывания программ (БПП).

Центральный блок управления формирует адреса команд, подлежащих исполнению, принимает и расшифровывает эти команды, вырабатывает последовательности управляющих сигналов $y_i(i=\overline{1, m})$, необходимых для выполнения операций, предписываемых командами. В АЛБ выполняется весь набор операций, предусмотренных системой команд ЭУМ. Блок БРОН представляет собой сверхоперативную внутреннюю память процессора, состоящую из небольшого числа адресуемых ячеек, так называемых операционных регистров R, в которых могут кратковременно храниться промежуточные и итоговые результаты выполнения отдельных операций, адреса массивов ОЗУ и некоторые другие данные. Взаимодействие процессора ЭУМ с коммутационным и промежуточным оборудованием АТСЭ обеспечивает БС-УПО. В качестве БС-УПО может быть использован специальный процессор, иногда называемый периферийным. Работу ЭУМ в многопрограммном режиме и реальном масштабе времени обеспечивает БПП.

Все блоки процессора связаны между собой системой шин (шины ША, ШБ и ШВ), по которым эти блоки могут обмениваться данными. Для связи процессора с памятью машины используются адресная (АШ) и информационная (ИШ) шины. По адресной шине из ЦБУ передаются адреса ячеек памяти ПЗУ и ОЗУ, к которым необходимо обращаться, а по информационной происходит обмен информацией (команд и данных) между ЦБУ и ЗУ. Распределение информации по блокам Пр, а также между

Пр и ЗУ осуществляется с помощью электронных ключей, управляемых сигналами y_i, которые вырабатывает ЦБУ. Каждая шина представляет собой совокупность электрических цепей с усилителями, по которым информация передается импульсами тока параллельным способом. При таком способе для каждого бита информации используется отдельная электрическяи цепь.

Работа процессора в общих чертах будет рассмотрена при описании системы команд ЭУМ.

4.3. СИСТЕМА КОМАНД ЭУМ

Под системой команд ЭУМ подразумевается структура или, что то же самое, форматы команд программ, формы представления информации (данных) в оперативном запоминающем устройстве (ОЗУ), способы адресации данных и набор операций.

Система команд для каждого типа или семейства ЭУМ различна. Она зависит от конструктивных особенностей машины, состава устройств промежуточного оборудования АТС, идеологии организации взаимодействия программ обслуживания вызовов. В известных работах при описании устройства ЭУМ авторы обычно связывают систему команд с каким-либо конкретным типом машин. Поэтому здесь сделана попытка изложить вопросы, связанные с системой команд применительно к любому типу ЭУМ.

Характерным для любого типа ЭУМ АТС является представление данных в ячейках памяти ОЗУ в виде информационных слов (операндов)[1]. При этом данные можно представлять как с фиксированными, так и с произвольными квантами информации в виде слова (32 бита), полуслова (16 бит), байта (8 бит), полубайта (4 бита), а также в виде двухбитовых и однобитовых квантов и квантов произвольной длины, так называемых «кусков» слов, от 1 до 16 или 32 бит в зависимости от длины ячейки памяти ОЗУ, которая может иметь 16 или 32 разряда[2]. Такая возможность представления информации сокращает время выполнения многих программ и экономит объем памяти ОЗУ.

В обобщенном виде структура команд (рис. 4.3) имеет две части: операционную и адресную. Каждая часть содержит несколько полей. В операционной части команды выделяется поле для размещения кода операции (КОП) и поле признаков. В адресной части выделяются поля А1 и А2 для размещения кодов адресов операндов или другой информации, необходимой для работы над операндами[3].

Длина n поля, отводимого для КОП, зависит от числа операций, предусмотренных системой команд, и в общем случае опреде-

---

[1] Операндом называются данные, над которыми выполняется операция.

[2] В ЭУМ АТС малой и средней емкости длина ячеек ОЗУ и ПЗУ обычно составляет 16 разрядов, а для АТС большой емкости — 32 разряда.

[3] По числу полей в адресной части команды различают одно-, двух- и трехадресные машины. Для ЭУМ АТС признано целесообразным использовать двухадресные машины.

ляется из выражения $n=[\log_2 m]$, где m — число операций. Очевидно, что $m=2^n$. Если $m=16$, то длина поля n составит четыре разряда.

Для выполнения большинства операций необходимо знать длину команды, способ адресации данных, над которыми будет производиться операция, и место размещения результата операции. С этой целью вводятся признаки выполнения команды Д, ПА и Р, для которых в команде выделяется поле признаков. Выполнению команды в процессоре ЭУМ всегда предшествует анализ признаков.

Признак Д определяет длину команды. Команды могут быть короткими (16 бит) и длинными (32 бита). Если длина ячейки ПЗУ составляет 16 разрядов, то короткая команда размещается в одной ячейке, а длинная — в двух. Если длина ячейки ПЗУ составляет 32 разряда, то в одной ячейке можно разместить или две короткие команды, или одну длинную. Анализируя значение признака Д, процессор определяет, что фаза выборки короткой команды выполняется за один цикл, а длинной команды — за два цикла.

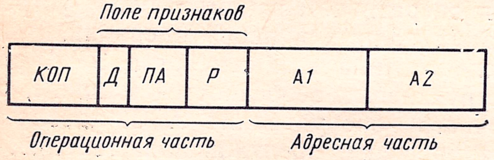

Рис. 4.3

Операнды в памяти ЭУМ могут размещаться или непосредственно в команде, или в операционных регистрах БРОН процессора, или в ячейках ОЗУ. Для нахождения требуемых операндов ячейки памяти определенным образом адресуются. Операционным регистрам БРОН присваиваются постоянные адреса. Адрес ячейки ОЗУ задается базовым адресом БА функционального массива ОЗУ, в качестве которого принимается адрес нулевой (первой по порядку) ячейки этого массива, и порядковым номером ячейки функционального массива $j=\overline{0, L-1}$, где L — длина массива (общее число ячеек). Относительный адрес j ячейки ОЗУ принято называть смещением. Абсолютный адрес А ячейки ОЗУ определяется как арифметическая сумма кодов базового адреса массива и относительного адреса ячейки, т. е. $А=БА+j$.

При составлении программ абсолютный адрес операнда задается в явном виде; если же он неизвестен, то его нужно формировать в процессе выполнения команд программы. В ЭУМ используются различные способы адресации операндов: непосредственный, прямой, косвенный и относительный, а также модификации некоторых из этих способов. При непосредственной адресации операнд размещается непосредственно в адресной части команды, поэтому никаких других сведений о его местоположении не требуется. Прямая адресация характеризуется тем, что абсолютный адрес операнда указывается в адресной части команды. При косвенном же способе адресации абсолютный адрес операнда хра-

нится в регистре БРОН или в специальном массиве базовых адресов ОЗУ, а в адресной части команды указывается адрес местоположения этого адреса. Относительный способ адресации характеризуется необходимостью формирования абсолютного адреса операнда из базового адреса массива ОЗУ и относительного адреса (смещения) ячейки этого массива, где хранится требуемый операнд. В этом случае в адресной части команды указываются адрес местоположения базового адреса функционального массива ОЗУ и смещение.

Одной из модификаций косвенной адресации является косвенная адресация с индексацией. Этот способ адресации используется в том случае, когда необходимо выполнить подряд несколько однотипных команд над различными операндами, последовательно расположенных в ячейках функционального массива ОЗУ. Переход от одной ячейки массива к следующей происходит путем наращивания на единицу содержимого базового регистра, первоначально равного базовому адресу массива. Число переходов определяется индексом *I*, который может размещаться в специальном, так называемом индексном, регистре процессора. Признак адресации ПА указывает процессору, какой способ адресации используется при исполнении очередной команды.

Результат операции при выполнении программы обслуживания вызовов может размещаться в ЭУМ или на месте, занимаемом до этого каким-либо одним из двух операндов, над которыми выполняется заданная командой операция, т. е. в регистре БРОН или в ячейке ОЗУ, или в специальном итоговом регистре, в качестве которого, в частности, может использоваться один из операционных регистров БРОН. Для определения места помещения результата используется признак Р.

Примерные характеристики признаков Д, ПА и Р отображены в табл. 4.1.

Набор операций, характеризующий систему команд ЭУМ, в отличие от универсальных ЭВМ, кроме стандартных операций включает в себя группу специальных операций, ориентированных на решение специфических задач управления коммутационным оборудованием АТС. К стандартным операциям ЭУМ, имеющим то же назначение, что и в универсальных ЭВМ, относятся группы операций: арифметических[1] и логических (арифметическое сложение и вычитание, логическое сложение и логическое умножение, сложение по модулю 2, логические сдвиги); пересылочных, обеспечивающих обмен данными между устройствами памяти ЭУМ; передачи управления (переход шаговый, работа с подпрограммами, работа с циклическими массивами).

Наиболее характерными специальными операциями являются: поиск самой левой (правой) единицы в слове, запись едини-

---

[1] В отличие от универсальных ЭВМ, в наборе арифметических операций — системы команд ЭУМ отсутствуют операции арифметического умножения и деления. При этом арифметические операции в ЭУМ выполняются только над целыми числами с фиксированной запятой.

Таблица 4.1

Признак	Число разрядов в поле признаков	Значение признака в двоичном коде	Длина формата команды (разряда)	Адресация операнда Y**	Место помещения результата операции
Д	1	0	16	—	—
		1	32	—	—
ПА	3*	000	—	Непосредственная	—
		001	—	Прямая	—
		010	—	Косвенная	—
		011	—	Косвенная с индексацией	—
		100	—	Относительная	—
Р	2	01	—	—	На место операнда
		10	—	—	То же
		11	—	—	В итоговый регистр

* Число способов адресации в ЭУМ, как правило, более четырех, поэтому в поле признаков для ПА выделяются три разряда.

** Здесь значения признака ПА определяют способы адресации только операнда Y в предположении, что для операнда X всегда используется прямая адресация, а сам операнд X всегда хранится в БРОН.

цы (нуля) в заданный разряд слова, работа с буфером (массивом заявок на обслуживание), работа с устройствами промежуточного оборудования АТС, работа с «кусками» слов, ассоциативный поиск, размножение.

Специальные операции выполняются специальными командами, которые в ЭУМ составляют в общей сложности примерно половину объема программ обслуживания вызовов. Введение в систему команд ЭУМ специальных операций позволяет сократить число команд в некоторых программах в несколько раз по сравнению с тем, если бы специальные операции реализовывались командами, построенными на основе стандартных операций. В целом наличие специальных операций существенно уменьшает объем памяти ПЗУ и увеличивает производительность машины.

Каждой операции в системе команд присваивается определенный код операции (КОП), который записывается в операционной части команды. Процессор, приступая к исполнению команды, расшифровывает КОП и вырабатывает последовательность управляющих сигналов, необходимую для ее выполнения. В табл. 4.2 приведены примерный набор операций в системе команд ЭУМ и соответствующие им значения кодов.

Рассмотрим, как система команд реализуется в ЭУМ в процессе обслуживания вызовов. Представим ЭУМ, которая является двухадресной, в ней используются пять способов адресации и другие признаки выполнения команд согласно табл. 4.1, набор операций определен табл. 4.2, а ОЗУ и ПЗУ — 16-разрядные. В составе процессора имеется сверхоперативная память — БРОН, состоящий из восьми операционных регистров с порядковыми номе-

Операции	Сокращенное обозначение операции	КОП	Примечание
Арифметико-логические:			$X \cdot Y = Z$
Сложение	С	0000	0101 + 0011 = 1000
Вычитание	В	0001	0101 — 0011 = 0010
Логическое сложение	СЛ	0010	0101 0011 = 0111
Логическое умножение	УЛ	0011	0101 0011 = 0001
Сложение по модулю 2	СМ	0100	0101 0011 = 0110
Логический сдвиг влево	ЛЛ	0101	
Логический сдвиг вправо	ЛП	0110	
Пересылочные:			
Передача информации	ПИ	0111	
Передачи управления:			
Переход шаговый	ПШ	1000	
Работа с подпрограммой	РП	1001	
Цикл	Ц	1010	
Специальные:			
Поиск левой единицы	ПЛЕ	1011	
Запись нуля в слово	ЗН	1100	
Запись единицы в слово	ЗЕ	1101	
Работа с УПО	РУПО	1111	
Работа с буфером	РБ	1110	
Конец программы	КП	0000	Выполняется, если в разрядах 4—15-й команды записаны нули

рами P_0—P_7. Регистр P_0 используется в качестве индексного, а регистр P_7 — в качестве итогового.

Все операции в такой машине могут быть выполнены с помощью команд, имеющих четыре типовых формата: I—IV (рис. 4.4). Команды в форматах I и IV являются короткими (16 разрядов), а в форматах II и III — длинными (32 разряда). Для содержимого полей адресной части команд в форматах I, II и III приняты следующие обозначения: R1, R2 — адреса регистров БРОН, Y — второй операнд, А — абсолютный адрес ячейки ОЗУ, НК — начало куска, ДК — длина куска, С2 — смещение (для второго операнда).

Содержимое полей А1 и А2 позволяет определить местонахождения операндов X и Y. Операнд X всегда размещается в БРОН, и для его нахождения используется только прямая адресация. Поэтому в поле А1 команды всегда указывается адрес R1 регистра БРОН, в котором хранится этот операнд. Местонахождение операнда Y определяется по содержимому поля А2 команды в зависимости от используемого способа адресации согласно табл. 4.3.

При непосредственной адресации операнд Y задается в поле А2 команды, при этом если длина Y не превышает трех разрядов, то используется команда в формате I, в противном случае — команда в формате II. Следует иметь в виду, что при непосред-

Таблица 4.3

Адресация	Формат команды	Содержимое поля А2	Местоположение операнда Y
Непосредственная	I, II	Y	Команда
Прямая	I	R2	БРОН
	II	A	ОЗУ
Косвенная	I	R2	ОЗУ
	II	A	ОЗУ
Относительная	III	R2, НК, ДК, С2	ОЗУ
Косвенная с индексацией	III	R2, A	ОЗУ

ственной адресации результат операции Z не может быть помещен на место операнда Y, поэтому признак результата P в команде в этом случае не может иметь значение 10 (см. табл. 4.1). В случае прямой адресации в поле А2 команды формата I задается адрес R2 регистра БРОН, в котором находится операнд Y, а

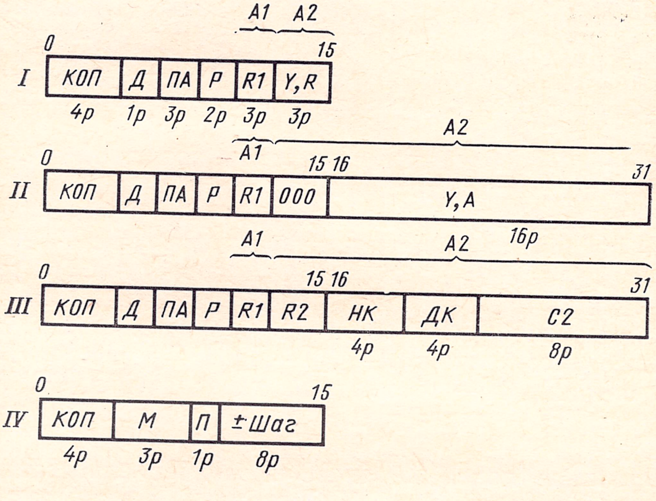

Рис. 4.4

в команде формата II — абсолютный адрес А ячейки ОЗУ, содержащей Y. При косвенной адресации в поле А2 короткой команды (формат I) задается адрес R2 регистра БРОН, а в поле А2 длинной команды (формат II) — номер ячейки ОЗУ, в которой записан абсолютный адрес ячейки ОЗУ, содержащей операнд Y. При косвенной адресации с индексацией абсолютный адрес ячейки ОЗУ, в которой находится операнд Y, определяется суммой из базового адреса массива ОЗУ и содержимого индек-

сного регистра БРОН, поэтому в команде формата II поле A2 задает номер регистра R2 БРОН с индексом I и номер ячейки ОЗУ, в которой записан базовый адрес требуемого массива.

В том случае, когда операнд Y представляет собой «кусок» слова, все арифметико-логические, пересылочные и специальные операции (за исключением операции «Работа с буфером») с этим операндом выполняются по командам формата III. Для нахождения операнда используется способ относительной адресации. В поле A2 команды в этом случае содержатся: R2 — номер регистра БРОН, в котором записан базовый адрес массива ОЗУ, начало «куска» (НК), длина «куска» (ДК) и смещение (С2). Абсолютный адрес ячейки ОЗУ со словом, из которого надо выбрать «кусок» (операнд Y), определяется как сумма базового адреса и смещения.

Поясним смысловое содержание набора операций системы команд. Для арифметико-логических операций С, В, СЛ, УЛ, СМ оно раскрыто в комментариях табл. 4.2. Необходимо иметь в виду, что при выполнении операции «Вычитание» всегда происходит вычитание второго операнда (Y) из первого (X). При выполнении операций «Логический сдвиг» (ЛЛ и ЛП) операнд Y указывает число разрядов, на которое надо сдвинуть операнд X влево или вправо.

Пересылочные операции обеспечивают передачу информационных слов из регистра в регистр (Р—Р) процессора, из регистра в оперативную память ОЗУ (Р—П) и из ОЗУ в регистр процессора (П—Р). Направление передачи информации определяется по значению признака Р команды в соответствии с табл. 4.4.

Таблица 4.4

Значения признаков		Вид передачи	Направление передачи	Формат команды
Р	Д			
01	0	Р → Р	⟨R2⟩ → R1	I
01	1 (0)	П → Р	⟨A2⟩ → R1	II и III
10	0	Р → Р	⟨R1⟩ → R2	I
10	1 (0)	Р → П	⟨R1⟩ → A2	II и III

Команды в формате IV (см. рис. 4.4) используются только для реализации операции «Переход шаговый», которая предназначена для выполнения условных и безусловных переходов при необходимости изменения порядка следования исполняемых команд.

Условный переход УП к требуемой команде определяется заданным значением маски перехода *М* и значением содержимого регистра признака выполнения команды (РПВК) АЛБ процессора. Если результат поразрядного логического умножения значений *М* и признака выполнения команды ПВК отличен от нуля, то осуществляется переход к команде с адресом ⟨РАК⟩±Шаг, в

противном случае выполняется следующая по порядку команда с адресом ⟨РАК⟩+1 (РАК — регистр адреса команды в центральном блоке управления процессора). Содержимое РПВК, в свою очередь, зависит от значения результата Z выполнения предыдущей команды.

Безусловный переход БП к требуемой команде определяется непосредственно по значению маски М. Например, если М-111, то осуществляется переход к команде ⟨РАК⟩±Шаг, если М-000, то должна выполняться следующая по порядку команда. Значения М, Z и ПВК приведены в табл. 4.5.

Таблица 4.5

Вид перехода	М	Z	ПВК
УП	001	$Z<0$	001
УП	010	$Z=0$	010
УП	100	$Z>0$	100
УП	011	$Z\leqslant 0$	001 или 010
УП	110	$Z\geqslant 0$	010 или 100
УП	101	$Z\neq 0$	001 или 100
БП	111	—	—
БП	000	—	—

Таблица 4.6

Значение П	Направление перехода	Адрес следующей команды
0	Вперед	РАК : =⟨РАК⟩+ +Шаг
1	Назад	РАК : =⟨РАК⟩— —Шаг

Порядок формирования адреса следующей команды при выполнении операции «Переход шаговый» определяется значением признака П согласно табл. 4.6.

При разработке различных программ обслуживания вызовов для ЭУМ часто приходится пользоваться одинаковыми наборами команд, составляющими часть этих программ. С целью экономии объема памяти такие наборы команд размещаются в определенных массивах ПЗУ, образуя подпрограммы (ПП) основных программ. При выполнении основной программы в этом случае, естественно, необходимо организовать обращение к подпрограмме. Для этого в системе команд предусмотрена специальная управляющая операция «Работа с подпрограммой» (РП). При обращении к ПП происходит приостановка выполнения основной программы; при этом адрес команды программы, после которой необходимо обратиться к ПП, помещается в массив ОЗУ, организованный по принципу «стека»[1], что обеспечивает возможность возврата к основной программе.

Операция РП выполняется в рассматриваемой ЭУМ по командам в формате II, при этом используются две команды, отличающиеся признаком Р: команда обращения к ПП при Р=01 и команда возврата к основной программе при Р=10. Адресная

---

[1] Стек — массив очередей заявок, имеющий управляющее поле и поле заявок, обслуживание которых происходит по принципу «последним пришел — первым обслужен».

часть обеих команд одинакова. В поле A1 записан адрес R1 регистра БРОН, где хранится начальный адрес подпрограммы НА ПП (адрес первой команды ПП), а в поле A2 — базовый адрес A управляющего поля стека.

Операция «Цикл» предназначена для организации циклической, т. е. повторяющейся заданное число раз подряд, работы части или всей программы. Если шаг возврата к начальной команде цикла занимает не более трех разрядов, то команда может быть записана в формате I, в противном случае — в формате II. В поле A1 команды указывается адрес регистра БРОН (R1), в котором записано число циклов, в поле A2 записывается шаг возврата к начальной команде цикла (Ш). Команда выполняется в следующем порядке. Содержимое индексного регистра P_0 БРОН увеличивается на единицу ($P_0 := \langle P_0 \rangle + 1$). Полученное значение сравнивается с содержимым регистра R1, номер которого указан в поле A1 команды. В этом регистре записано число циклов I. Если $\langle P_0 \rangle \leqslant I$, то происходит возврат к начальной команде цикла, для чего формируется ее адрес: $РАК := \langle РАК \rangle -$ Шаг. Если $\langle P_0 \rangle > I$, что означает окончание цикла, то адрес следующей команды $РАК := \langle РАК \rangle + 1$.

Операция «Поиск левой единицы» является одной из наиболее часто выполняемых в программах обслуживания вызовов, в частности при поиске свободных элементов коммутационного поля, свободных цифровых каналов и т. п. Операнд Y при выполнении этой операции представляет собой информационное слово, в котором требуется определить номер самого левого разряда, содержащего единицу. Этот номер записывается в регистр БРОН по адресу R1, который указан в поле A1 команды.

Не менее часто при выполнении программы обслуживания вызовов используются операции «Запись нуля (единицы) в слово» для отметки занятости или свободности элементов и устройств коммутационного и промежуточного оборудования АТС. Операнд Y при выполнении этих операций представляет собой слово, в определенный разряд которого необходимо записать нуль или единицу. Номер этого разряда указывается в поле A1 команды[1].

Работа ЭУМ в реальном масштабе времени приводит к тому, что на различных этапах обслуживания вызовов создаются очереди заявок на обслуживание. Для хранения этих заявок в ОЗУ используются специальные «буферы», организованные по принципу обслуживания заявок в порядке их поступления, т. е. по принципу «первым пришел — первым обслужен». Для обработки очередей заявок в наборе операций системы команд ЭУМ предусмотрена специальная операция «Работа с буфером». В зависимости от значения признака P в команде осуществляется запись

---

[1] В реальных ЭУМ с целью повышения их производительности и экономии объема памяти операции «Поиск левой единицы» и «Запись нуля (единицы) в слово» могут быть реализованы аппаратурными средствами.

или считывание заявки. Если Р=10, то происходит запись информации (заявки) в буфер. В поле А1 команды в этом случае указан адрес регистра БРОН (R1), где хранится заявка, а в поле А2 — базовый адрес А указателя буфера. Если Р=01, то происходит считывание заявки из буфера и запись ее в регистр БРОН.

Для работы ЭУМ с устройством промежуточного оборудования АТС предусмотрена специальная операция «Работа с УПО». Взаимодействие ЭУМ с УПО осуществляется с помощью устройства сопряжения процессора УС-УПО (см. рис. 4.2). В УС-УПО передаются сформированные процессором периферийные команды для управления коммутационным полем и периферийными устройствами ПАС и АПрИ (см. рис. 2.3), а из периферийных устройств АПИ и ПНИ в УС-УПО поступает информация, содержащая заявки на обслуживание вызовов. По командам, содержащим код операции «Работа с УПО», при наличии признака Р=01 происходит запись периферийной команды в УС-УПО, а если Р=10, то в УС-УПО передается информация из устройств промежуточного оборудования.

Команда, реализующая операцию «Конец программы», всегда является последней в программе. Эта операция свидетельствует об окончании выполнения программы.

Рассмотренный набор специальных операций в системе команд является примерным. В реальных ЭУМ применяются и другие специальные операции, такие, например, как «Ассоциативный поиск» и «Размножение». Операция «Ассоциативный поиск» предназначена для поиска информационного слова или его элемента по ключу. Такая операция может использоваться, например, для работы с таблицей пересчета номеров кодов соединительных линий в номере входов коммутационного поля, в которые эти линии включены. Операция «Размножение» позволяет записать значение одного разряда информационного слова подряд несколько раз, что бывает необходимо для выполнения программ поиска свободных соединительных путей в КП станции.

В заключение проиллюстрируем работу процессора на примере выполнения команды, имеющей структуру, показанную на рис. 4.5. Схема, поясняющая порядок выполнения команды, изображена на рис. 4.6.

После выборки из ПЗУ команда помещается в регистр команд (РК) ЦБУ процессора. По значению признака Д определяется длина команды. В нашем случае Д=0. Это означает, что команда короткая (16 разрядов), поэтому фаза выборки команды закончена. Далее ЦБУ расшифровывает код операции и анализирует значение признаков ПА и Р. Код операции КОП-0010 свидетельствует о том, что должна быть выполнена операция «Логическое сложение» операндов X и Y. Признак адресации ПА-001 указывает на то, что для выполнения операции используется прямая адресация операнда Y. Значение признака Р-11 говорит о том, что результат операции Z должен быть помещен в итоговый регистр, в качестве которого используется регистр P_7 БРОН. При прямой адресации в поле А1 адресной части команды короткого формата записан код

адреса (R1-010) регистра БРОН (P_2), в котором размещен перепад X, а в поле А2 — код адреса (R2-101) регистра БРОН (P_5) с операндом Y.

В результате расшифровки КОП и анализа значений признаков ЦБУ вырабатывает последовательность управляющих сигналов y_i ($i=1,7$), которые и обеспечивают выполнение требуемой операции. Команда реализуется за три такта:

1) по адресу R1 происходит обращение к регистру P_2 БРОН. Управляющие сигналы y_1 и y_2 обеспечивают пересылку операнда X по шине ША в АЛБ. Одновременно по адресу R2 происходит обращение к регистру P_5 БРОН, а с помощью сигналов y_3 и y_4 — передача в АЛБ операнда Y по шине ШБ;

2) управляющий сигнал y_5 включает в работу узел логических операций АЛБ, в котором происходит логическое сложение операндов X и Y и фиксируется результат $Z (X \vee Y = Z)$;

3) результат Z по шине ШВ передается из АЛБ в итоговый регистр (P_7) БРОН. Для этого используются сигналы y_6 и y_7.

На этом выполнение команды заканчивается.

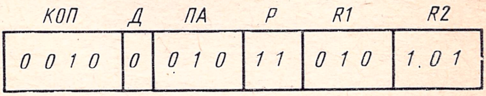

Рис. 4.5

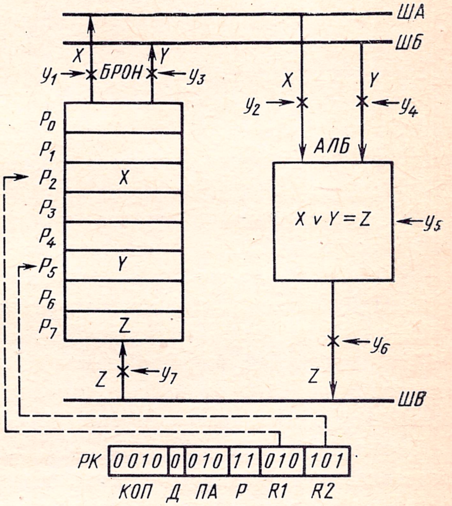

Рис. 4.6

4.4. УСТРОЙСТВА ПРОМЕЖУТОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ АТСЭ

В АТС с управлением по принципу записанной программы для обеспечения работы ЭУМ в многопрограммном режиме и реальном масштабе времени необходимо иметь промежуточное оборудование для взаимосвязи ЭУМ с коммутационным оборудованием станции. В квазиэлектронных АТС к промежуточному оборудованию относятся определители, устройства управления коммутационным полем и комплектами, которые принято называть периферийными управляющими устройствами (ПУУ). В квазиэлектронных АТС ПУУ помимо основных функций промежуточного оборудования обеспечивают также согласование сигналов, которыми обмениваются ЭУМ и КО в процессе обслуживания вызовов по уровню и длительности, так как эти характеристики сигналов для ЭУМ и КО различны. Общепринятый термин «периферийные управляющие устройства» нельзя считать достаточно коррективным хотя бы потому, что определители квазиэлектронных АТС ничем не управляют, а выполняют чисто логические функции. Поэтому применительно к цифровым АТСЭ весь комплекс технических средств, образующий промежуточное оборудование, будем называть «устрой-

ства промежуточного оборудования», сокращенно УПО. В отличие от квазиэлектронных АТС, от УПО цифровых АТСЭ не требуется согласование сигналов обмена по уровню и длительности, так как элементная база ЭУМ и КО в цифровых АТСЭ однородна. Поэтому основным назначением УПО цифровых АТСЭ является обеспечение работы ЭУМ в многопрограммном режиме.

В состав УПО цифровых АТСЭ в соответствии со структурной схемой рис. 2.3 входят: аппаратура приема (АПИ) и передачи (АПерИ) информации, устройства управления коммутационным полем (УУКП), передатчики акустических сигналов (ПАС) и приемники номерной информации (ПНИ). Поясним функциональные схемы этих устройств.

Приемопередающая аппаратура. Для обмена линейными сигналами и управляющей информацией между узлами коммутации все АТСЭ оборудуются приемопередающей аппаратурой. На опорной АТСЭ устанавливаются аппаратура передачи информации АПерИ и аппаратура приема информации АПИ. На концентраторах она объединена в общее устройство — аппаратуру приема и передачи информации АППИ. Для передачи линейной и управляющей информации по уплотненным линиям в аппаратуре ИКМ выделяется общий канал сигнализации (ОКС), в качестве которого используется 16-й канал.

Рассмотрим принцип организации процесса обмена информацией по ОКС между опорной АТС и концентратором. Передаваемую по ОКС информацию можно разделить на три вида данных: данные линейных сигналов, данные управляющих сигналов и данные сигналов проверки и контроля.

К линейным сигналам относятся сигнал вызова от абонента (замыкание шлейфа абонентской линии) и сигнал отбоя (размыкание шлейфа). Эти сигналы передаются по ОКС от концентратора к опорной станции. Состояние шлейфа абонентской линии контролируется определителем концентратора. При поступлении сигнала вызова или отбоя ЦБУ концентратора формирует линейный сигнал в виде информационного слова, содержащего код сигнала и адрес абонентского комплекта, от которого поступил сигнал.

К управляющим сигналам относятся команды на включение и освобождение разговорного тракта концентратора. Команды управления формируются в ЭУМ опорной АТСЭ и передаются по ОКС в концентратор. Команда представляет собой слово, состоящее из кода операции и адресной части. В команде на включение тракта адресная часть содержит минимум два адреса — абонентского комплекта и СЛСП, по которой должно быть установлено соединение. В слове команды на освобождение достаточно указать код операции и адрес СЛСП.

Сигналы проверки и контроля могут быть различными. При обнаружении аппаратными средствами концентратора какой-либо неисправности на опорную станцию посылается об этом сигнал. Такой сигнал должен содержать код неисправности, извещающий о характере повреждения, и адрес устройства, в котором обнаружено повреждение. Со стороны ЭУМ опорной станции в концентратор могут передаваться различные проверочные тесты, позволяющие судить о том, является ли повреждение устойчивым или имеет характер случайного сбоя, и в зависимости от этого принимать решение о локализации повреждения или повторении рабочей программы. В свою очередь, ЦБУ концентратора должен передавать в ЭУМ результат прохождения теста.

Для повышения достоверности передачи сигналов информационное слово кроме кода операции и адресной части должно содержать некоторое число кон-

трольных разрядов, используемых для определения моментов начала и конца передачи, проверки на четность и т. д.

Кодовая группа одного ИКМ канала содержит максимум 8 бит (разрядов), следовательно, все данные информационного слова не могут быть размещены в одной кодовой группе. Поэтому устанавливают стандартную длину слова, например в 32 или 40 бит, и передачу одного сигнала осуществляют за четыре или пять циклов. Общий канал связи имеет большую пропускную способность, определяемую скоростью передачи данных, равной 64 кБод. Поэтому обмен информацией по ОКС организуют по способу «челнока». В этом случае сигнал на передающей стороне канала сохраняется до момента получения сигнала подтверждения с приемной стороны.

На рис. 4.7 изображена функциональная схема АПерИ, а на рис. 4.8 — схема АПИ. Структурно обе схемы идентичны. Каждая из них содержит по одному дешифратору адресов соединительных линий исходящих в АПерИ (ДШАИЛ) и входящих в АПИ (ДШАВЛ) и несколько блоков запоминающих устройств (БЗУ) с принадлежащими им вентилями. Число БЗУПер (БЗУП) всегда равно числу исходящих (входящих) СЛСП[1]. Через комплекты выделенных каналов К АПерИ и АПИ подключены соответственно ко всем входящим и исходящим СЛСП через вентили $в_{11}$—$в_{1L}$, управляемые импульсными последовательностями 16-го канала $Р_{16}$. Блок БЗУ представляет собой K-разрядный регистр сдвига, где К определяется максимальной длиной слова информационного сигнала. В БЗУПер запись сигнального слова из ЭУМ всегда происходит параллельным кодом через вентили записи $в_1$—$в_к$, а считывание последовательным кодом — через вентиль $в_{1i}$. В БЗУП, наоборот, запись происходит через

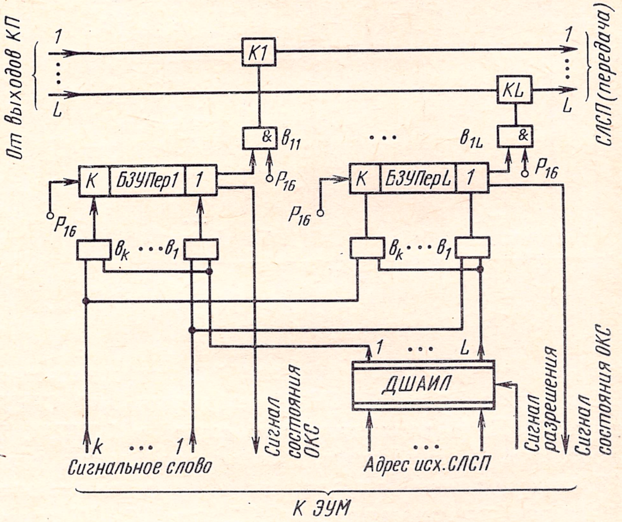

Рис. 4.7

[1] В концентраторе, соединенном с опорной АТС одной СЛСП, аппаратура АППИ будет содержать комплект из одного устройства АПерИ и одного устройства АПИ только с одним БЗУ в каждом и без дешифратора.

вентиль $в_{1i}$ последовательным кодом, а считывание в ЭУМ — параллельным кодом через вентили считывания $в_1$—$в_к$. Первый разряд любого сигнального слова всегда должен содержать единицу.

Процесс обмена информацией между АПерИ и АПИ через ОКС протекает следующим образом. Передача информации (из ЭУМ) в БЗУПер требуемого канала возможна, если БЗУПер свободен. Занятость БЗУ отмечается наличием единицы в первом разряде. Сигнал состояния БЗУПер (или, что то же самое, ОКС) по индивидуальному проводу всегда поступает в ЭУМ. Если ОКС свободен (в первом разряде БЗУПер нуль), то, после того как ЭУМ опорной АТСЭ сформирует сигнальное слово, она передает его вместе с адресом исходящей СЛСП и сигналом разрешения в АПерИ (см. рис. 4.7). Сигнал с соответствующего выхода дешифратора открывает вентили записи $в_1$—$в_к$, например БЗУПер1, в результате чего в БЗУ передается сигнальное слово. Считывание этого слова из БЗУПер1 происходит побайтно в 16-й канал (ОКС) исходящей СЛСП через вентиль, управляемый импульсной последовательностью $Р_{16}$. В аппаратуру АПИ приемной станции (опорной АТСЭ или концентратора), кото-

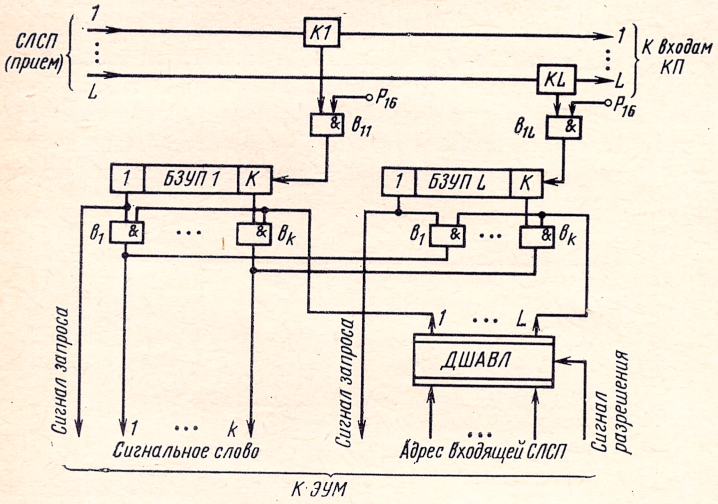

Рис. 4.8

рая подключена к входящим СЛСП (см. рис. 4.8), информационное слово поступит по ОКС соответствующей СЛСП. Через вентиль этой СЛСП оно будет зафиксировано в БЗУП (в рассматриваемом случае в БЗУП1). Первый разряд БЗУП, в котором будет записана единица, используется для передачи в ЭУМ (или ЦБУ концентратора) сигнала запроса по индивидуальному проводу. Поэтому ЭУМ опорной станции знает по ОКС, какой СЛСП происходит передача информации. Выполняя программу приема информации от АПИ, ЭУМ выдает в дешифратор ДШАВЛ адрес входящей СЛСП, от ОКС которой поступил запрос, и сигнал разрешения. Дешифратор открывает вентили считывания БЗУП, и сигнальное слово поступает в ЭУМ.

В концентраторе передающая часть аппаратуры АППИ имеет специальную схему для добавления в информационное слово контрольных битов, а приемная

часть снабжена схемой проверки достоверности принимаемой информации. В аппаратуре АПерИ и АПИ опорной станции такие схемы не нужны, так как формирование контрольных битов и проверку достоверности выполняет машина.

Устройство управления коммутационным полем. Устройство управления коммутационным полем УУКП, являясь управляющим устройством коммутационного поля опорной АТСЭ, выполняет следующие функции: принимает от ЭУМ управляющую информацию в виде периферийных команд; определяет и запоминает номер вентиля (электронного контакта) коммутационного поля и номер цифрового канала; подключает управляющую последовательность импульсов P_i, соответствующую номеру канала, к заданному вентилю КП на все время соединения; по команде ЭУМ прекращает выдачу управляющей последовательности импульсов и стирает первоначально записанную информацию.

Одно УУКП управляет только частью КП. Оно обычно закрепляется за одной горизонталью или вертикалью пространственного коммутатора КП, как показано на рис. 4.9, или за одним временны́м коммутатором, например сдвигающим устройством. Поэтому на опорной АТСЭ имеется большое число УУКП.

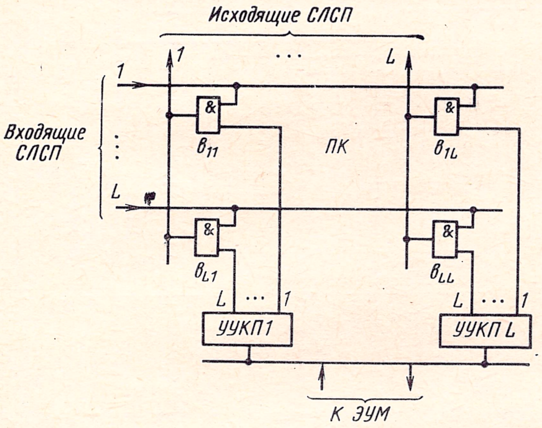

Рис. 4.9

Функциональная схема УУКП для одной горизонтали КП приведена на рис. 4.10. Она состоит из дешифратора адреса канала (ДШАК), n ячеек памяти $ЯП_1$—$ЯП_n$ по числу ИКМ каналов в одной СЛСП, дешифратора адреса вентиля коммутационного поля (ДШАВ) и пяти групп вентилей $в_1$—$в_5$. С одной стороны, УУКП связано с ЭУМ по общестанционным шинам, а с другой — с L вентилями коммутационного поля. Значения n и L определяют разрядность ячеек памяти и число вентилей в группах $в_1$—$в_3$. В общем случае число разрядов ячейки памяти K определяется из выражения $K=[\log_2 L]$ *).

В случае использования для СЛСП аппаратуры ИКМ-30 $n=30$. Если $L=32$ (для одной вертикали КП), то $K=5$ и число вентилей в группах $в_1$, $в_2$ и $в_3$ будет также равно пяти, в группе $в_4$ — шести, а в группе $в_5$—30.

*) Квадратная скобка указывает на то, что K должно быть равно целочисленному значению логарифма.

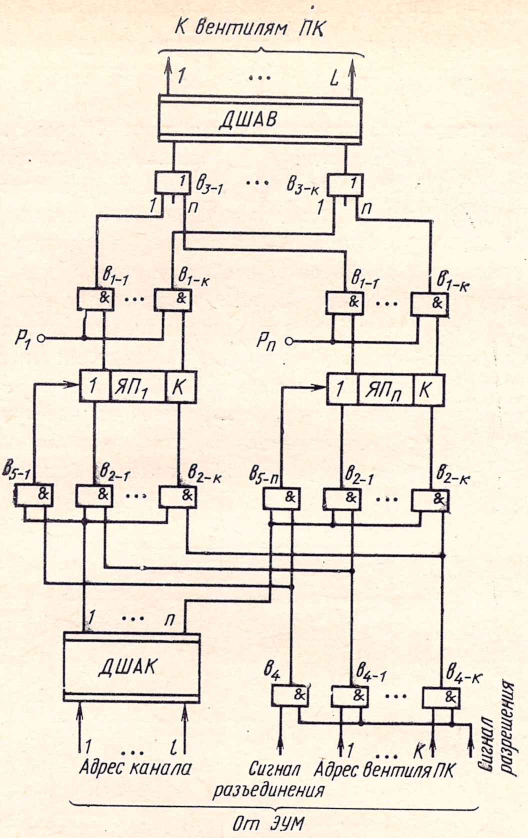

Рис. 4.10

В качестве запоминающих элементов в ячейках памяти могут быть использованы бистабильные триггеры. Выходы триггеров подключены к вентилям групп $в_1$, на управляющие входы которых поступают импульсные последовательности $P_i\,(i=\overline{1,\ n})$.

При необходимости включения вентиля КП из ЭУМ и УУКП поступает управляющая информация, содержащая адрес вентиля КП в виде пятиразрядного кода ($K=5$), адрес ИКМ канала также в виде пятиразрядного кода ($l=[\log_2 n]=5,\ n=30$) и сигнал разрешения. Допустим, требуется включить пятый вентиль КП во временно́м положении первого ИКМ канала. Тогда адрес канала будет представлен кодом 00001, а адрес вентиля — кодом 00101. Код канала поступает в дешифратор ДШАК, где определяется номер ячейки памяти. Коду канала 00001 соответствует ячейка $ЯП_1$, поэтому с выхода *1* ДШАК будет выдан сигнал на все входные вентили группы $В_2$ ячейки $ЯП_1$. Одновременно код вентиля КП (00101) подается на входы вентилей группы $в_4$. При наличии разрешающего сигнала кодовые сигналы откроют два вентиля $в_{4-1}$ и $в_{4-3}$, в результате чего эти сигналы откроют одноименные вентили $в_2$ ячейки $ЯП_1$. В ячейке сработают первый и третий триггеры, что обеспечит выдачу уп-

равляющей последовательности P_1 через вентили $в_{1-1}$ и $в_{1-3}$ (схемы И) и $в_{3-1}$, $в_{3-3}$ (схемы ИЛИ) в дешифратор ДШАВ. С пятого выхода дешифратора управляющие импульсы последовательности P_1 будут поступать на вход пятого вентиля КП. Переключенные триггеры ячейки $ЯП_1$ обеспечивают выдачу серии импульсов P_1 на все время соединения.

Для разъединения установленного соединения ЭУМ должна выдать в УУКП команду, содержащую адрес первого канала (00001) и два сигнала — разъединения и разрешения. В этом случае в схеме УУКП открывается вентиль $в_4$, в результате чего сигнал поступает на вход вентиля $в_{5-1}$. На другой вход этого вентиля подается сигнал с первого выхода ДШАК. Вентиль $в_{5-1}$ выдает сигнал освобождения в ячейку $ЯП_1$, что обусловливает переключение триггеров ячейки в исходное состояние. При этом прекращается выдача управляющих импульсов последовательности P_1 на вентиль КП. Канал освобождается.

На концентраторе устанавливается одно общее для всего коммутационного поля управляющее устройство (УУКПК). Так как емкость концентратора может быть значительной, то в качестве УУКПК целесообразно применять двухкоординатное УУ. Для концентратора емкостью $N=32^2=1024$ абонентских линий УУКПК можно построить, используя два УУКП (X и Y) рассмотренного типа (с параметрами $n=32$, $m=32$) и вентильную матрицу размером 32×32. Упрощенная функциональная схема такого УУКПК изображена на рис. 4.11. Так как каждая абонентская линия в концентраторе подключается к общей цепи через два электронных контакта, то УУКПК должно обеспечить их одновременное включение. Все индивидуальные электронные контакты (ЭК) абонентских линий делятся на 32 группы по 32 пары ЭК в каждой. Каждая пара ЭК управляется через индивидуальный вентиль $в_{XY}$ матрицы УУКПК. Выбор матрицы осуществляется по двум координатам X и Y ($X=\overline{1,\ m}$, $Y=\overline{1,\ m}$). Для выбора пары $ЭК_{XY}$ и их включения УУКПК должно получить от ЭУМ опорной АТСЭ

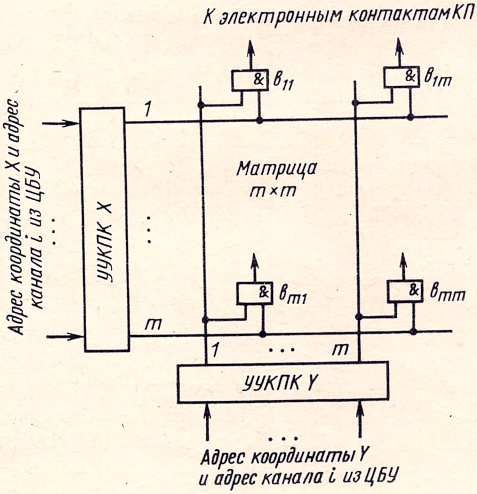

Рис. 4.11

управляющую информацию, содержащую адрес $ЭК_{XY}$ и адрес импульсной последовательности P_i, которая определяет номер исходящего и входящего ИКМ каналов. Адрес $ЭК_{XY}$ выдается в виде 10-разрядного слова, в котором первые пять разрядов являются кодом адреса координаты X, а другие пять разрядов — кодом адреса координаты Y. Код адреса каналов — пятиразрядный. Управляющая информация распределяется между двумя УУ. На вход УУКПК X выдаются адрес координаты X и адрес импульсной последовательности P_i, а на вход УУКПК Y — адрес координаты Y и адрес этой же импульсной последовательности. В результате открывается вентиль матрицы $в_{XY}$, через который будет передаваться последовательность импульсов P_i. Последовательность P_i используется для управления парой индивидуальных контактов $ЭК_{XY}$, один из которых подключен к шине передачи ОЦ (см. рис. 1.5) концентратора, а другой — к шине приема ОЦ.

Кроме того, УУКПК должно содержать блок оперативной ориентированной памяти для хранения данных о состоянии каждого абонентского комплекта концентратора (свободен — занят), который здесь не рассматривается.

Передатчик акустических сигналов. Все известительные акустические сигналы, необходимые в процессе установления соединений, посылаются абонентам электронных концентраторов из опорной АТСЭ. С этой целью на опорной станции используются передатчики акустических сигналов (ПАС). К акустическим сигналам относятся не только различные зуммерные сигналы тональной частоты и низкого уровня, но индукторные сигналы вызова. Сигналы индукторного вызова, имеющие высокий уровень напряжения и мощности, не могут непосредственно коммутироваться через электронные контакты и вентили коммутационного поля АТСЭ. Поэтому на ИЦСС в качестве вызывных сигналов также используют сигналы тональной частоты низкого уровня, а в телефонных аппаратах вместо обычного звонка устанавливают приемник тонального сигнала.

Функциональная схема ПАС, изображенная на рис. 4.12, состоит из управляющего устройства (УУПАС), аналогичного управляющему устройству коммутационного поля (УУКП), распределительной схемы (РС) и кодера. Распределительная схема содержит k электронных контактов (ЭК), включение которых осуществляет УУПАС по командам ЭУМ. На входы ЭК поступают различные

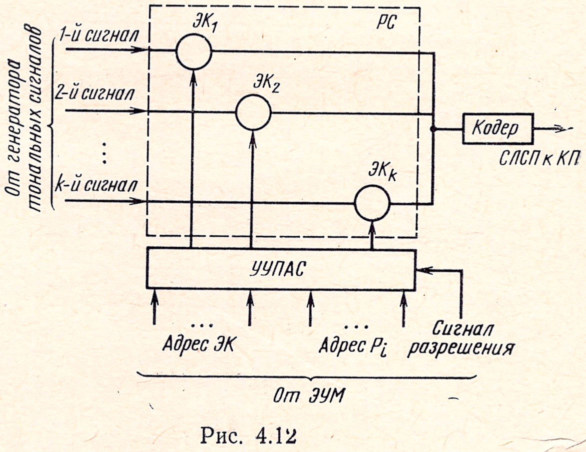

Рис. 4.12

тональные сигналы от общестанционного генератора. Каждый ЭК может коммутировать только один вид сигнала («ответ станции», «занято», «вызов» и др.). На управляющий вход ЭК из УУПАС может подаваться любая импульсная последовательность $P_i(i=\overline{1, n})$, определяющая временнóе положение ИКМ канала СЛСП. Поэтому ЭК распределительной схемы ПАС играют роль амплитудно-импульсных модуляторов тональных сигналов. Выходы всех ЭК запараллелены и подключены к общему кодеру, в котором происходит преобразование АИМ сигналов в сигналы ИКМ. Кодер подключается ко входу КП опорной станции. Когда этот вход соединен с исходящей СЛСП к концентратору, тогда акустические сигналы будут передаваться в этот концентратор в виде кодовых групп. На концентраторе происходят обратное преобразование кодовых групп в тональные акустические сигналы и передача их в телефонный аппарат.

Вместо генератора тональных сигналов можно использовать генератор, который непосредственно вырабатывает акустические сигналы в цифровом виде. В этом случае схема ПАС упрощается, так как отпадает необходимость в кодере, а ЭК распределительной схемы заменяются простыми электронными вентилями.

Приемник номерной информации. Приемник номерной информации (ПНИ) является одной из разновидностей промежуточного оборудования опорной АТСЭ. Число ПНИ на станции зависит от ее емкости и поступающей нагрузки. Приемник подключается к выделенным выходам КП опорной АТСЭ через СЛСП.

Тракты передачи АТСЭ не обеспечивают коммутации сигналов постоянного тока, поэтому на ИЦСС абонентам надо устанавливать телефонные аппараты, оборудованные тастатурой, которая используется для передачи на опорную АТСЭ номерной информации в виде частотно-кодированных сигналов. Можно применять многочастотный код «2 из 6» (стандартный код № 5 МККТТ). Частотные сигналы набора номера, как и речевые сигналы, преобразуются на концентраторе в ИКМ сигналы и в таком виде после образования на опорной АТСЭ тракта «входящая СЛСП—ПНИ» поступают на вход ПНИ. Особенностью ПНИ является то, что, в отличие от ПНИ квазиэлектронных АТС, номерная информация фиксируется в ПНИ и выдается в ЭУМ по сигналу запроса от ПНИ. (В квазиэлектронных АТС номерная информация в ЭУМ поступает в процессе сканирования ПНИ).

Функциональная схема ПНИ, изображенная на рис. 4.13, содержит n фиксаторов номера $ФН_1$—$ФН_n$ (n — число каналов в одной СЛСП), каждый из которых с одной стороны, через индивидуальный электронный контакт (ЭК), управляемый соответствующей импульсной последовательностью P_i, параллельно с другими ФН подключен к выходу общего для ПНИ декодера, а с другой стороны — к общему дешифратору адреса фиксатора номера ДШАФН. Каждый фиксатор номера состоит из шести резонансных фильтров Ф, настроенных на шесть сигнальных частот, шести выпрямительных схем В, шестиразрядной ячейки памяти ЯП, элемента задержки Д, схемы запроса $в_0$ и шести вентилей считывания $в_1$—$в_6$.

Сигнал набора номера, поступающий на вход приемника (например, по первому каналу) в виде импульсно-кодовой комбинации, преобразуется декодером в частотно-кодированный сигнал и передается через $ЭК_1$, управляемый импульсной последовательностью первого канала P_1, в фиксатор номера $ФН_1$.

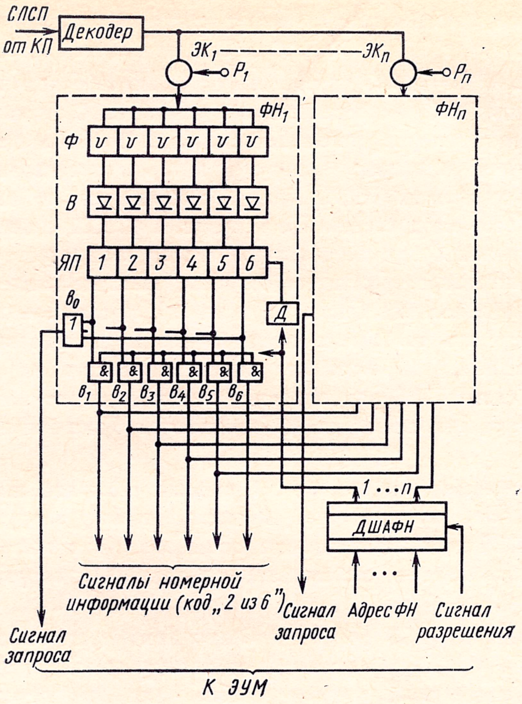

Рис. 4.13

Здесь в схеме фильтрации происходят выделение двух отдельных частотных составляющих сигнала, их выпрямление в схеме В и фиксация в ячейке памяти (ЯЦ). После этого через элемент $в_0$ (схема ИЛИ) в ЭУМ посылается сигнал запроса на считывание зафиксированной цифры номера.

При многочастотном способе набора номера время передачи одной цифры составляет примерно 30 мс. За это время запрос должен быть реализован, чтобы ячейка памяти ФН была освобождена для приема следующей цифры. Поэтому программа считывания номерной информации в ЭУМ имеет высокую категорию приоритета. По сигналу запроса ЭУМ выдает в дешифратор адреса ДШАФН ПНИ адрес ФН, от которого поступил запрос, и сигнал разрешения. По индивидуальному проводу с выхода дешифратора ДШАФН подается сигнал на вентили считывания $в_1$—$в_6$ фиксатора $ФН_1$. В результате происходит считывание из ячейки памяти фиксатора номерной информации. Одновременно сигнал считывания подается на вход элемента задержки Д, обеспечивающего возвращение триггера ЯП в исходное положение. Считанную информацию о цифре номера ЭУМ помещает в блок приема цифр набора номера ОЗУ. На этом программа считывания заканчивается. Она выполняется неоднократно, пока в ОЗУ ЭУМ не будут приняты все цифры номера, набираемого абонентом.

Для передачи номерной информации при транзитном соединении от одной опорной станции к другой необходимо в составе УПО иметь передатчик номерной информации, схема которого может быть выполнена по тому же принципу,

который положен в основу рассмотренной схемы ПНИ с тем лишь отличием, что ЭУМ должно формировать значения сигналов набора в двоичном коде, а передатчик должен преобразовывать эти сигналы в частотные. В декодере происходит формирование сигналов в восьмиразрядные кодовые комбинации.

Связь устройств промежуточного оборудования цифровых АТС с ЭУМ организуется с помощью системы общестанционных шин, к которым все УПО подключаются параллельно. Поэтому необходимо обеспечить работу ЭУМ одновременно только с одним УПО. Обращение к требуемому УПО происходит через периферийное адресующее устройство (ПАУ), в которое ЭУМ выдает адрес этого УПО. Назначением ПАУ является выработка индивидуального сигнала разрешения на работы с адресуемым УПО.

Обращение ЭУМ к УПО может происходить или по запросу от УПО, или по инициативе самой ЭУМ. В первом случае сигнал запроса поступает в блок прерывания программ процессора и служит указанием ЭУМ на включение программы считывания информации, появившейся в УПО. Обращение ЭУМ к УПО по собственной инициативе происходит при необходимости выдачи в УПО периферийных команд, которые формируются в ЭУМ в результате выполнения программ обработки информации, поступившей от УПО.

При каждом обращении ЭУМ передает по адресной шине в УПО в зависимости от этапа установления соединения адрес входящей СЛСП, адрес цифрового канала или адрес элемента или устройства КП. Информация от УПО к ЭУМ и в обратном направлении передается по информационным шинам в виде многоразрядного сигнального (информационного) слова, содержание которого зависит от этапа обслуживания вызовов.

5. ПРОГРАММНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ОБСЛУЖИВАНИЯ ВЫЗОВОВ НА ЦИФРОВЫХ АТСЭ

5.1. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭУМ АТСЭ

Под программным обеспечением (ПО) понимают совокупность программ и постоянных данных, которые обеспечивают работу ЭУМ в соответствии с требуемым алгоритмом функционирования. Программное обеспечение ЭУМ и ее аппаратурная часть являются средствами обработки информации. Применительно к АТСЭ программное обеспечение ЭУМ должно осуществлять реализацию всех задач по обслуживанию потока вызовов, эксплуатационно-техническому обслуживанию оборудования АТС и других функций узлов коммутации.

Процесс создания ПО подобен процессу создания любого нового изделия, поэтому включает в себя этапы разработки, проектирования, производства и эксплуатации и является составной частью процесса создания АТСЭ в целом.

Разработка ПО состоит из структурного и алгоритмического проектирования, кодирования схем алгоритмов, автономной и комплексной отладки программ. Целью структурного проектирования является определение на основании требований к АТС и ПО со-

става программ и данных и общих принципов построения ПО, а также составление технических заданий (ТЗ) на отдельные программы. Алгоритмическое проектирование определяет способы реализации требований ТЗ; при этом разрабатываются схемы алгоритмов программ функционирования ЭУМ на языке высокого уровня, который ориентирован на решение задач коммутационной техники.

Кодирование схем алгоритмов необходимо для того, чтобы программы записать на языке машины в виде последовательности команд, позволяющем перенести их на носители информации типа перфокарт или перфолент, с помощью которых можно обеспечить ввод программ в память ЭУМ.

Описанные процессы сложны и трудоемки, что обусловливает большую вероятность появления ошибок в программах. Для их обнаружения и устранения программы подвергаются автономной и комплексной отладкам. При автономной отладке каждая программа в отдельности проверяется на соответствие требованиям ТЗ. При комплексной отладке производятся информационная и функциональная стыковка отдельно отлаженных программ и проверка правильности их взаимодействия в реальном времени.

Для определения соответствия разработанного ПО требованиям ТЗ на АТСЭ проводятся заводские испытания ПО, для чего искусственно создаются условия работы, близкие к реальным. После этого организуется опытная эксплуатация АТСЭ, по результатам которой производится окончательная приемка ПО.

Для каждого проекта АТСЭ завод-изготовитель должен поставить заказчику кроме коммутационного оборудования и управляющего комплекса (ЭУМ и устройств промежуточного оборудования) комплект ПО с необходимой документацией. В зависимости от устройства ЭУМ ПО может поставляться или в виде комплекта магнитных лент или в виде ПЗУ с записанными программами и постоянными данными (станционными и абонентскими).

Программное обеспечение подразделяется на специальное и общее. Специальное ПО представляет собой совокупность программ и постоянных данных, необходимых ЭУМ для непосредственного управления функционированием АТСЭ, являясь ее неотъемлемой составной (внутренней) частью. Для различных образцов АТС состав программ и данных может быть различным. Общее ПО представляет собой совокупность программ и данных, необходимых для разработки, отладки, испытаний и производства внутреннего ПО. Состав и функции общего ПО не зависят от конкретного образца АТС.

По функциональному назначению все специальное ПО ЭУМ можно разделить на программы: операционной системы, коммутационные, технического обслуживания и административные.

Программы операционной системы предназначены для координации работы всех остальных программ специального ПО и согласования работы управляющего и коммутационного оборудования, а также обслуживающего персонала АТС с целью обеспечения

функционирования ЭУМ в реальном времени и многопрограммном режиме.

Коммутационные программы непосредственно управляют процессами обслуживания вызовов и в этом смысле являются технологическими программами.

Программы технического обслуживания предназначены для автоматизации процессов поиска возникающих неисправностей как в коммутационном, так и в управляющем оборудовании АТС, локализации (блокировки) неисправных устройств, блоков или элементов, диагностирования отказавших устройств, оповещения и информирования обслуживающего персонала о неисправностях, а также для включения в работу исправленных устройств.

Назначением административных программ является обеспечение автоматизации процессов эксплуатации по директивам оператора (включение и выключение отдельных устройств АТС, тестовый контроль, изменение абонентских данных и др.), а также сбор статистических данных о нагрузке, качестве обслуживания, надежностных характеристиках и т. д.

В ЭУМ цифровых АТСЭ в составе коммутационных программ необходимо иметь программы работы по ОКС, программы приема номерной информации, программы обработки информации и программы выдачи периферийных команд.

Программы работы по ОКС (ПОКС) должны обеспечивать обмен служебной информацией в процессе обслуживания вызовов между БЦУ концентраторов и ЭУМ опорной станции или между ЭУМ смежных цифровых АТСЭ. В первом случае от концентратора на опорную АТС передается информация в виде сигнального слова о поступлении от абонентов сигналов вызова, ответа и отбоя с указанием адресата. Формирование сигнального слова осуществляет БЦУ. В обратном направлении должно передаваться ответное сигнальное слово с указанием номера цифрового канала, подлежащего включению или выключению, и адресата. В зависимости от этапа установления соединения формирование сигнальной информации для БЦУ концентратора может происходить и по инициативе ЭУМ опорной станции. В этом случае от БЦУ необходимо получить информацию о подтверждении приема сигнального слова. Таким образом, для работы по ОКС в составе ПОКС необходимо иметь программы приема сигнального слова, его анализа, формирования и выдачи ответного сигнального слова.

Программы приема номерной информации (ППНИ) обеспечивают прием номера, набираемого вызывающим абонентом. Они связаны с работой приемников номерной информации (ПНИ) АТСЭ и включаются по запросам последних.

Программы обработки информации аналогичны таким же программам квазиэлектронных АТС. Основными программами этого типа являются программы анализа принятой номерной информации (ПА), программы поиска свободных соединительных трактов в коммутационном поле (ППСТ) и программы формирования

последовательностей периферийных команд (ПФ), предназначенных для устройств промежуточного оборудования УУКП и ПАС.

Общее программное обеспечение ЭУМ здесь не рассматривается.

5.2. МНОГОЭТАПНЫЙ ПРОЦЕСС ОБСЛУЖИВАНИЯ ВЫЗОВОВ И МНОГОПРОГРАММНОЕ УПРАВЛЕНИЕ НА ЦИФРОВЫХ АТСЭ

Особенностями управления АТС по записанной программе являются многоэтапный процесс обслуживания вызовов и многопрограммный режим функционирования ЭУМ. Эти особенности в основном присущи как квазиэлектронным, так и электронным АТС. Однако можно обнаружить и существенные различия.

Отличия многоэтапного процесса обслуживания вызовов (ПОВ) на цифровых АТСЭ обусловлены: четырехпроводной системой коммутации каналов, отсутствием в составе коммутационного оборудования линейных и шнуровых комплектов, выполняющих функции обмена линейными сигналами и асинхронным способом коммутации в коммутационном поле импульсных каналов.

Четырехпроводная система коммутации предопределяет необходимость для каждого этапа обслуживания вызовов устанавливать в КП два соединительных тракта: один для передачи информации в прямом, а другой — в обратном направлении.

Отсутствие линейных комплектов обусловлено наличием ОКС, по которым передается вся служебная информация, необходимая для взаимодействия АТСЭ на ИЦСС. Наличие ОКС позволило исключить из состава устройств промежуточного оборудования определители, необходимые в квазиэлектронных АТС для сканирования точек опроса комплектов. Это, в свою очередь, изменило характер процесса обслуживания вызова на каждом этапе. На цифровых АТСЭ моменты начала этапов определяются не в результате сканирования, а по запросам, формируемым аппаратурой приема информации ОКС и другими устройствами.

При асинхронном способе коммутации каналов необходимо коммутировать входящий и исходящий импульсные каналы, занимающие различные временны́е позиции в цикле. В общем случае в направлении приема необходимо устанавливать соединительный тракт между i-м входящим и j-м исходящим импульсными каналами, а в направлении передачи — между j-м входящим и i-м исходящим импульсными каналами.

Многоэтапный процесс обслуживания вызовов характеризуется тем, что установление соединения и его разъединение происходят в несколько этапов; при этом на каждом этапе в коммутационном поле образуется соединительный тракт между входящим и исходящим цифровыми каналами. При переходе от этапа к этапу ранее образованные соединительные тракты разрушаются и создаются новые. Число этапов зависит от типа соединения (внутристанционное, исходящее, входящее, транзитное), вида связи (между абонентами, со спецслужбами, с АМТС) и результата

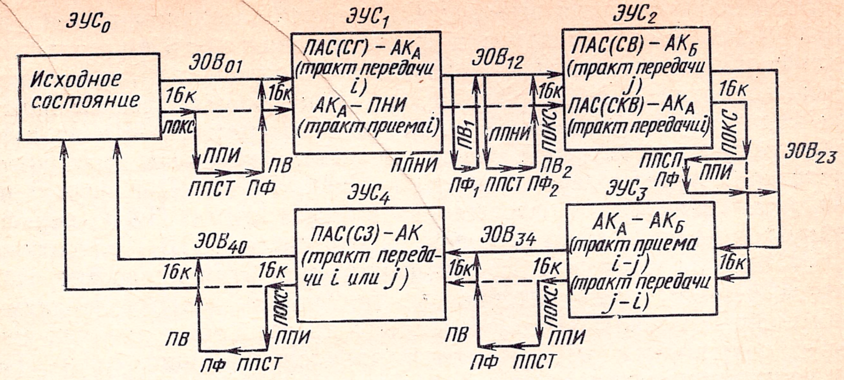

Рис. 5.1

устанавливаемого соединения (успешное, неуспешное, отказ от соединения и пр.).

На рис. 5.1 показана граф-схема, поясняющая принцип многоэтапного процесса обслуживания вызова на опорной цифровой АТСЭ для случая установления соединения, закончившегося разговором между абонентами концентраторов, включенных в эту АТСЭ. Процесс обслуживания вызова состоит из пяти этапов установления соединения $ЭУС_0$—$ЭУС_4$. Этап $ЭУС_0$ принят за исходный. Каждой паре $ЭУС_к$—$ЭУС_{к+1}$ сопоставляется этап обслуживания вызова $ЭОВ_{к,\,к+1}$, на котором работают соответствующие программы ЭУМ, обеспечивающие переход от этапа $ЭУС_к$ к этапу $ЭУС_{к+1}$ (в нашем случае $к=\overline{0,4}$).

Информация о поступлении вызова от абонента А концентратора поступает на опорную АТСЭ по 16-му каналу (ОКС) СЛСП. Начинается первый этап обслуживания вызова $ЭОВ_{01}$. Прежде всего работает программа ПОКС, в результате выполнения которой формируется сигнальное слово для подключения с помощью БЦУ концентратора абонентского комплекта $АК_А$ вызывающего абонента к свободному каналу i СЛСП. Затем в последовательном порядке работают коммутационные программы ППИ, ППСТ, ПФ и ПВ. В результате выполнения программы приема информации (ППИ) поступивший вызов может быть поставлен в очередь на ожидание. Программа ППСТ обеспечивает поиск двух свободных соединительных путей в КП опорной станции для i-го канала СЛСП: по тракту передачи ПАС (СГ)—$АК_А$ и по тракту приема $АК_А$—ПНИ. Программа ПФ формирует последовательность периферийных команд, которые программой выдачи ПВ передаются в УУКП и ПАС.

После реализации периферийных команд вызов переходит на следующий этап установления соединения — $ЭУС_1$. На этом этапе абоненту А из ПАС по каналу i тракта передачи посылается сигнал «Готово» (СГ), а к каналу i тракта приема подключен ПНИ.

Этап обслуживания вызова $ЭОВ_{12}$ является этапом приема номера вызываемого абонента и формирования последовательности периферийных команд для перехода на следующий этап установления соединения $ЭУС_2$. Этап $ЭОВ_{12}$ является наиболее сложным, так как требует выполнения множества программ, часть из которых имеет высокую срочность исполнения. Так, после выполнения программы приема первой цифры номера (ППНИ, 1-я цифра) необходимо немедленно сформировать (программа $ПФ_1$) периферийную команду и выдать ее в ПАС (программа $ПВ_1$) для отключения сигнала «Готово». Время выполнения этих программ ограничено межцифровым интервалом. Программы приема последующих цифр номера (ППНИ) связаны с программами анализа этих цифр, результатом чего является определение вида связи. Поскольку рассматривается случай установления внутреннего соединения, то программа ППНИ обеспечивает прием полного номера вызываемого абонента. В этом случае заключительной операцией программы анализа номера является определение состояния абонентского комплекта $АК_Б$. В предположении, что вызываемый абонент свободен, ЭУМ приступает к последовательному выполнению программ работы с ОКС (ПОКС), поиска свободных соединительных трактов (ППСТ), формирования периферийных команд ($ПФ_2$) и их выдачи ($ПВ_2$). Программа ПОКС на этапе $ЭОВ_{12}$ обеспечивает формирование сигнального слова, содержащего информацию о номере концентратора абонента Б, адресе комплекта $АК_Б$ и номере свободного канала СЛСП (j). Следующая программа ПОКС выдает это сигнальное слово в аппаратуру передачи АПерИ, откуда оно поступает по ОКС, соответствующей СЛСП в БЦУ концентратора. Последний подключает комплект $АК_Б$ к каналу j СЛСП. В результате выполнения программы поиска (ППСТ) ЭУМ опорной АТСЭ определяет координаты свободных соединительных трактов для этапа $ЭУС_2$, а программами формирования ($ПФ_2$) и выдачи ($ПВ_2$) периферийных команд в УУКП обеспечивает образование в коммутационном поле двух трактов: посылки сигналов вызова (СВ) абоненту Б по каналу j тракта передачи ПАС (СВ)—$АК_Б$ и контрольного сигнала вызова (СКВ) абоненту А по каналу i тракта передачи ПАС (СКВ)—$АК_А$. Соединение переходит на этап $ЭУС_2$.

Об ответе абонента БЦУ концентратора информирует ЭУМ по 16-му каналу, и ЭУМ приступает к выполнению программ этапа обслуживания вызова $ЭОВ_{23}$. Конечным результатом работы ЭУМ на этом этапе является установление в коммутационном поле опорной станции четырехпроводного соединения $АК_А$—$АК_Б$ для двустороннего разговора абонентов А и Б. При этом по тракту приема от абонента А к абоненту Б оказываются соединенными каналы i и j, а в обратном направлении по тракту передачи — каналы j и i. Таким образом, этап установления соединения $ЭУС_3$ является разговорным. На этом этапе соединение остается до окончания разговора.

Сигнал отбоя БЦУ концентратора передает в ЭУМ опорной

станции. Наступает этап обслуживания вызова $ЭОВ_{34}$. Задачей программ на этом этапе является перевод соединения с этапа установления соединения $ЭУС_3$ на этап $ЭУС_4$. Программы этапа $ЭОВ_{34}$ должны обеспечить в КП опорной АТСЭ установление соединительного тракта для посылки сигнала «Занято» (СЗ) абоненту, не давшему отбоя. Этот тракт передачи образуется по каналу i или j (в зависимости от того, какой абонент первым дал отбой) между ПАС (СЗ) и АК. Этап $ЭУС_4$ является в рассматриваемом примере последним. После получения от БЦУ концентратора информации об отбое со стороны второго абонента программы этапа обслуживания вызова $ЭОВ_{40}$ освобождают ПАС (СЗ) и занятый канал (i или j). Обслуживание вызова заканчивается, соединение возвращается в исходное состояние на этап $ЭУС_0$.

На каждом из этапов, как ЭУС, так и ЭОВ, ЭУМ работает в многопрограммном режиме.

Под многопрограммным режимом функционирования ЭУМ понимают такой режим, при котором машина на некотором интервале времени одновременно обслуживает несколько вызовов. В квазиэлектронных АТС возможность реализации такого режима определяется различием в быстродействии ЭУМ, с одной стороны, и периферийных управляющих устройств и элементов коммутационного оборудования (герконовых реле, ферридов, реле комплектов), с другой стороны. В цифровых АТСЭ временны́е и энергетические характеристики элементов ЭУМ, устройств промежуточного и коммутационного оборудования одинаковы.

Из рассмотрения многоэтапного процесса обслуживания вызовов следует, что после перевода обслуживаемого вызова на любой ЭУС работа машины с этим вызовом приостанавливается на время нахождения вызова на данном ЭУС. Это время носит случайный характер и определяется длительностью прослушивания различных сигналов или длительностью разговора. Очевидно, что на каждом ЭУС машина может обслужить несколько других вызовов, так как время нахождения вызова на ЭУС во много раз больше, чем на ЭОВ. Однако и на каждом из ЭОВ машина может обслужить несколько вызовов, если допустимое время нахождения вызова $T_д$ на данном ЭОВ значительно больше суммарного времени, затрачиваемого ЭУМ на выполнение всех программ этого этапа.

Принцип многопрограммного режима функционирования ЭУМ на этапе обслуживания вызова иллюстрирует временна́я диаграмма рис. 5.2. Диаграмма составлена в предположении, что на ЭОВ машина должна выполнить три программы: П1, П2 и П3; при этом допустимое время выполнения этих программ не должно превышать $T_д$. В течение этого времени в моменты t_1—t_4 поступают четыре вызова. Машина начинает обслуживать первый вызов, поступивший в момент t_1. Выполнив программу П1, машина переходит к обслуживанию второго вызова, также выполняя программу П1. После этого машина возвращается к обслуживанию первого вызова и выполняет программу П2. До выполнения программы

П3 машина обслуживает вызовы 3 и 4 (программы П1), после чего вновь возвращается к первому вызову, завершая ЭОВ программой П3.

Таким образом, одновременность обслуживания вызовов на этапе, характеризующую многопрограммный режим функционирования ЭУМ, следует понимать в том смысле, что машина, выполнив какую-либо программу обслуживания одного вызова, переходит к обслуживанию других вызовов с тем, чтобы через ограниченный интервал времени вернуться к обслуживанию первого вызова. Такой режим существенно повышает производительность ЭУМ.

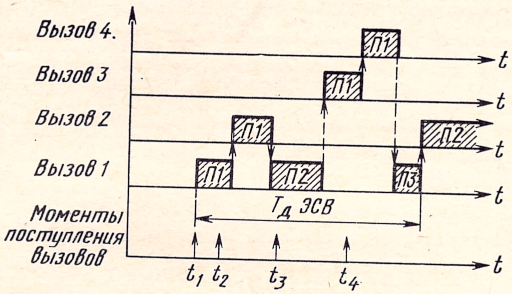

Рис. 5.2

5.3. ОБОБЩЕННАЯ СХЕМА ПРОГРАММНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ОБСЛУЖИВАНИЯ ВЫЗОВОВ

Программная организация процессов обслуживания вызовов (ПОВ) предполагает решение трех кардинальных задач: определения общего объема оперативной памяти, разбиения ее на функциональные массивы и организации логических связей между этими массивами; разработки коммутационных программ обслуживания вызовов и организации функциональных связей между ними и массивами памяти ОЗУ; разработки операционной системы управления коммутационными программами.

Обобщенная схема программой организации ПОВ представлена на рис. 5.3. В верхней части схемы показаны коммутационное оборудование (КО) и устройства промежуточного оборудования (УПО) цифровой АТСЭ. В средней части схемы изображены все основные виды функциональных массивов ОЗУ и их логические (информационные) связи. Взаимосвязь ОЗУ и УПО осуществляется через устройства сопряжения (УС) с ОКС и УПО (ПАС, УУКП и ПНИ). Коммутационные программы, размещаемые в ПЗУ, разделены на четыре группы: программы работы с ОКС, программы приема номерной информации, программы обработки информации и программы выдачи периферийных команд (ПК).

К основным функциональным массивам ОЗУ относятся: МЗО ОКС — массивы заявок на обслуживание от ОКС, МЗО ПНИ — массивы заявок на обслуживание от ПНИ, МОВ—массивы обслуживаемых вызовов, МСС—массивы сигнальных слов, МСЗ—массивы свободности—занятости, МСИ—массивы справоч-

ной информации, МППК — массивы последовательностей периферийных команд.

В массивах МЗО ОКС и МЗО ПНИ образуются очереди заявок, поступающих соответственно от ОКС через АПИ или от ПНИ. Эти массивы имеют структуру типа буфера. Необходимость наличия таких массивов обусловлена многофазовым способом обслуживания вызовов и многопрограммным режимом работы ЭУМ.

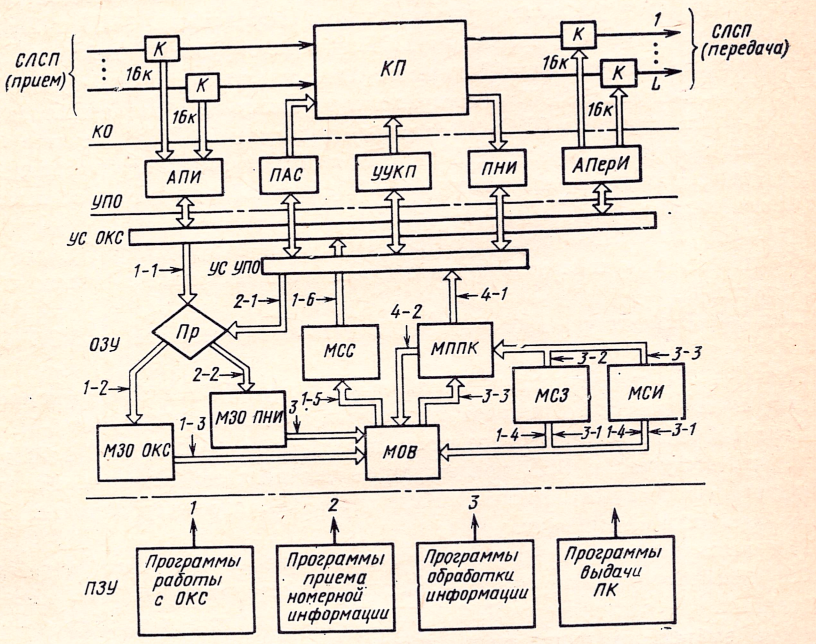

Рис. 5.3

Массивы МОВ в некоторой степени подобны регистрам координатных АТС. С момента поступления на цифровую АТС вызова за ним закрепляется свободный МОВ, в котором по мере обслуживания вызова накапливается вся необходимая информация: адреса концентратора и комплекта вызывающего абонента, координаты найденных свободных соединительных трактов для каждого этапа установления соединения, адреса концентратора и комплекта вызываемого абонента, номера используемых для установления соединения импульсных каналов.

Массивы МСС используются для временного хранения сигнальных слов, которые необходимо передавать в процессе установления соединения по ОКС в сторону концентраторов или других цифровых АТС.

Массивы МСЗ предназначены для хранения информации о свободности или занятости устройств концентратора и опорной АТСЭ, а также импульсных каналов всех СЛСП, включенных в данную АТСЭ, и импульсных последовательностей P_i, управляющих элементами КП и УПО.

В массивах МСИ хранится различная справочная информация: таблицы пересчетов, данные о структуре блоков КП, о разновидностях периферийных команд для каждого этапа установления соединения и др.

Массивы МППК используются для хранения сформированной на этапе обслуживания вызова последовательности периферийных команд и выдачи их в устройства промежуточного оборудования ПАС и УУКП.

Включением коммутационных программ руководят программы-диспетчеры операционной системы (на схеме рис. 5.3 не показаны). Однако в отличие от управления в квазиэлектронных АТС, на цифровых АТС начало работы программ ввода информации почти всегда обусловлено наличием сигналов запроса, поступающих от устройств промежуточного оборудования АПИ и ПНИ.

Схема программной организации ПОВ позволяет уяснить действия ЭУМ на любом этапе обслуживания. В качестве примера рассмотрим работу ЭУМ на этапе $ЭОВ_{01}$ (см. рис. 5.1). При поступлении от какого-либо концентратора вызова сигнальное слово по ОКС (16-й канал) принимается АПИ, откуда в блок прерывания программ операционной системы выдается сигнал прерывания. Диспетчер включает в работу программу ОКС. Программа выполняется за несколько тактов (см. рис. 5.3).

Такт 1-1. Сигнальное слово из АПИ передается в процессор Пр, где оно обрабатывается и в виде заявки на обслуживание поступает в массив МЗО ОКС (такт 1-2).

Такт 1-3. Занимается свободный МОВ, и в него передается из МЗО ОКС заявка.

Такт 1-4. На основе данных массивов МСЗ и МСИ в МОВ формируется ответное сигнальное слово, которое помещается в массив МСС (такт 1-5).

Такт 1-6. Ответное сигнальное слово передается через УС ОКС в АПерИ, откуда оно поступает в БЦУ концентратора вызывающего абонента. На этом программа работы с ОКС заканчивается, после чего диспетчер включает программу обработки информации.

Для рассматриваемого этапа обслуживания вызова программа обработки должна обеспечить формирование последовательности периферийных команд, необходимых для подключения ПАС и ПНИ соответственно к трактам передачи-приема выбранного импульсного канала, по которому устанавливается связь с вызывающим абонентом. Программа обработки также выполняется за несколько тактов.

Такт 3-1. По данным массивов МСЗ и МСИ определяются координаты свободных соединительных трактов для подключения ПАС и ПНИ. Эти координаты записываются в МОВ.

Такт 3-2. Выбирается и занимается свободный массив МППК.

Такт 3-3. Формируется последовательность периферийных команд, которые записываются в МППК. При этом используются данные МОВ о координатах соединительных трактов и данные МСИ о периферийных командах.

Последней программой этапа обслуживания является программа выдачи периферийных команд. Эти команды одна за другой через устройство сопряжения УС УПО передаются в УУКП, ПАС и ПНИ (такт 4-1). После выдачи последней периферийной команды в МОВ делается отметка о завершении этапа обслуживания вызова (такт 4-2). В МОВ сохраняется вся информация, необходимая для обслуживания вызова на последующих этапах, а массив МППК освобождается.

Работа ЭУМ на других этапах обслуживания происходит аналогично рассмотренному.

6. ИНТЕГРАЛЬНАЯ ЦИФРОВАЯ СЕТЬ СВЯЗИ

6.1. КЛАССИФИКАЦИЯ СЕТЕЙ СВЯЗИ

Сеть связи, организованная на территории города, района, области и состоящая из совокупности пучков каналов и узлов, в которых располагаются оконечные устройства, называется первичной. На базе первичной сети строятся так называемые вторичные сети. Часть каналов, арендованная различными ведомствами, образует ведомственные вторичные сети. Другая часть каналов используется для организации государственной сети связи. Это пример разделения вторичных сетей по принципу их принадлежности.

Вторичные сети разделяют в зависимости от вида передаваемой информации и способа распределения информации. По виду передаваемой информации вторичные сети могут быть телефонной, телеграфной связи, передачи данных, звукового вещания и т. п. По способу распределения передаваемой информации вторичные сети принято делить на коммутируемые, некоммутируемые и коммутации сообщений.

Вторичные сети обеспечивают взаимной связью не только те пары узлов между которыми проложены прямые тракты первичной сети, но также любую пару узлов, между которыми нет прямого тракта передачи.

К узлам связи также подключаются абонентские пункты с помощью абонентских линий. Следовательно, для организации вторичных сетей на узлах связи первичных сетей необходимо иметь особые устройства для создания тракта передачи между каналами различных магистралей, оканчивающихся в одном и том же узле, между каналами и абонентскими линиями, а также между различными парами абонентских линий. Эта задача решается с помощью аппаратуры оперативной коммутации или распределения информации.

История развития техники связи свидетельствует о том, что вторичные сети создавались в основном с учетом признаков передаваемой информации. Поэтому для создания коммутируемых вторичных сетей узлы связи (коммутации) строились для определенных видов информации.

Узел связи, обеспечивающий оперативное распределение информации (коммутации) различного вида, должен иметь специальные соответствующие согласующие устройства. Поэтому были созданы специальные узлы коммутации: АТС, АТА, АТА-ПС-ПД.

К техническим средствам, обеспечивающим организацию сетей связи, относятся аппаратура для образования каналов и аппаратура для коммутации каналов и абонентских линий. Эта аппаратура до недавнего времени строилась на совершенно разных технических принципах. Поэтому на узлах связи организуются цехи для обеспечения эксплуатации средств коммутации (АТС,

АТА), а также цехи для эксплуатации каналообразующих средств (линейно-аппаратные цехи).

Современное развитие электроники позволяет подойти к построению средств коммутации и образования каналов с единых позиций и на базе единых технических принципов. Осуществление этих идей привело к созданию так называемых интегральных цифровых систем связи, которые представляют собой единый комплекс оборудования «система передачи — коммутация», а также цифровых сетей связи (ЦСС) и интегральных цифровых сетей связи (ИЦСС).

6.2. ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ ЦИФРОВЫХ СЕТЕЙ СВЯЗИ

Основой для построения цифровой сети связи (ЦСС) являются временно́е разделение каналов и перевод всех сигналов в единую цифровую форму (кодирование). Способом кодирования и разделения сигналов является импульсно-кодовая модуляция.

Понятия «цифровая сеть связи» и «интегральная цифровая сеть связи», которые в некоторых случаях ошибочно отождествляются, имеют следующий смысл. Под цифровой сетью связи следует понимать такую сеть связи, в которой для представления, передачи и распределения всех поступающих сообщений используются только цифровые сигналы электросвязи. Понятие интегральная цифровая сеть связи включает в себя все признаки цифровой сети связи при наличии в сети технического, методологического или организационного единства, которое предполагает интеграцию (объединение) аппаратуры передачи и коммутации сигналов электросвязи, видов электросвязи, элементной базы, технического обслуживания и управления.

При интеграции аппаратуры передачи и коммутации сигналов предполагается использование на узлах связи функционально единой аппаратуры, сочетающей функции передачи, коммутации и специальной обработки. Интеграция видов электросвязи предполагает использование единой цифровой формы для представления сообщения различных видов электросвязи — телефонной, телеграфной, фототелеграфной, передачи данных, вещания и т. д.

Организационное единство ИЦСС обеспечивается единой системой управления и сигнализации. В качестве управляющих устройств узлов связи ИЦСС используются специализированные ЭУМ, способные быстро перерабатывать управляющую информацию, необходимую для установления соединения, и передавать ее по сети связи. Отечественной промышленностью освоено производство системы связи «Исток», которая позволяет организацию ИЦСС на сельских сетях связи.

Внедрение ИЦСС вместо существующих сетей связи сопряжено с большими капитальными затратами. Поэтому ИЦСС будет вводиться постепенно наряду с существующими узлами аналоговых систем электросвязи. Однако уже появляющиеся вторич-

ные цифровые сети (частичные интегральные) смогут представлять заинтересованным абонентам самые разнообразные виды услуг. Одной из наиболее интересных особенностей ИЦСС является использование одних и тех же средств связи для передачи речевых сообщений и данных, в результате чего отпадает необходимость во многих специализированных сетях.

Экономические исследования показали, что при проектировании ИЦСС желательно, чтобы число коммутационных узлов было меньше, зато сами узлы должны быть крупнее. Пучки каналов между узлами будут укрупняться, а их число уменьшится.

Принципы построения ИЦСС определяются рядом факторов. Наиболее важные из них следующие.

Отдельный коммутационный узел должен обслуживать определенную зону, в которой все небольшие узлы заменены выносным, дистанционно управляемым оборудованием (концентраторами).

Все коммутационные узлы обмениваются информацией по общим каналам сигнализации, благодаря чему за каналами не закрепляются функции управления отдельными этапами соединения. Вследствие этого использование каналов (соединительных линий) повышается.

При построении коммутационных полей особое значение приобретают неблокирующие коммутационные схемы большой емкости. Коммутационное поле узла должно пропускать поток данных со скоростью 64 кбит/с. Эта скорость обусловлена временными параметрами цифрового канала (частота дискретизации $f=8$ кГц, число разрядов в одном канале равно 8). Для обеспечения более высоких скоростей передачи данных предусматривается возможность объединения канальных последовательностей, в результате чего могут быть обеспечены скорости передачи данных, кратные 64 кбит/с.

Для полностью интегральной сети связи обязательно наличие цифровых абонентских аппаратов, включенных по четырехпроводной схеме. Указанные аппараты позволят передавать непосредственно от абонента информацию в цифровой форме со скоростью 64 кбит/с. Благодаря этому возможно будет организовать ряд новых служб и услуг, многие из которых в настоящее время еще неизвестны. Все же на ранних этапах внедрения ИЦСС предполагается использование обычных телефонных аппаратов.

6.3. СТРУКТУРА ИНТЕГРАЛЬНОЙ ЦИФРОВОЙ СЕТИ СВЯЗИ

Интегральная цифровая сеть связи является частью сети, которая может быть организована на большой территории и в связи с этим имеет иерархическую структуру, гипотетическая схема которой приведена на рис. 6.1.

Сеть, построенная по радиальному принципу, имеет узлы первого класса $У^{I}$ (выполняющие роль транзитных) и узлы более низких классов $У^{II}$ и $У^{III}$. Узлы третьего класса $У^{III}$ располага-

ются в местах сосредоточения абонентских пунктов (телефонные, фототелеграфные аппараты, аппаратура ПД и т. д.). Благодаря такому построению уменьшаются расходы на малоиспользуемые абонентские линии. Узлы $У^{III}$ выполняют роль концентраторов нагрузки в направлении к узлам второго класса $У^{II}$. Кроме того, здесь осуществляется аналого-цифровое преобразование сигналов.

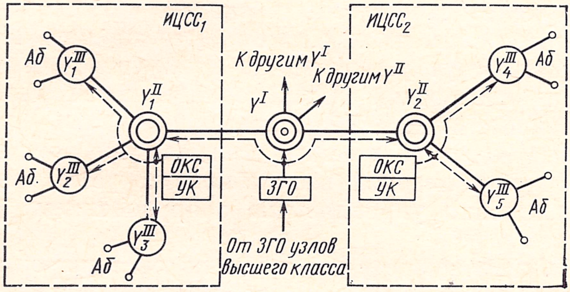

Рис. 6.1

Узлы третьего класса $У^{III}$ в зависимости от назначения делятся на два типа. Первый тип $У^{III}$ выполняет лишь концентрацию нагрузки от большого числа абонентских линий к меньшему числу СЛ высокого использования и не позволяет коммутировать между собой две абонентские линии, включенные в этот узел (например, концентратор системы Е-10). Второй тип $У^{III}$ отличается от первого возможностью устанавливать соединения между абонентскими линиями этого узла без использования СЛ к $У^{II}$. Примером такого $У^{III}$ может служить станция типа 3 системы «Исток».

Сигналы, посылаемые по соединительным линиям от узлов $У^{III}$, имеет цифровую форму.

В узлах второго $У^{II}$ и первого $У^{I}$ классов цифровой сети передача и распределение информации (коммутация) осуществляются в цифровой форме без перехода на низкую частоту. Все же кроме этих общих функциональных признаков между функциями $У^{II}$ и $У^{I}$ цифровой сети имеются различия. Узлы второго класса $У^{II}$ выполняют общеорганизационные операции на сети — управление соединениями, обеспечение дополнительных услуг абонентам, обслуживание категорийных абонентов, учет телефонной нагрузки, диагностику оборудования и т. д. Вся зона, охваченная этими едиными организационно-методологическими операциями, со стороны одного узла будет представлять собой зону ИЦСС цифровой сети.

На рис. 6.1 выделены две такие ИЦСС. Размер территории, которая входит в одну ИЦСС, ограничивается техническими возможностями управляющих систем ИЦСС, которые сосредоточены в узлах $У^{II}$, а также экономическими соображениями и возможностями систем передачи с ИКМ.

Размеры ЦСС практически не ограничены. В пределах цифровой сети цифровое оборудование всех узлов должно быть синхронизировано для обеспечения высококачественной передачи информации всех видов и возможности коммутации цифровых сигналов в коммутационных полях с ВРК.

Цифровая сеть связи, приведенная на рис. 6.1, синхронизируется одним задающим генераторным оборудованием (ЗГО), которое расположено на узле первого класса. В свою очередь, ЗГО может быть синхронизировано от ведущего генератора узлов более высокого уровня. Принципы синхронизации на цифровых сетях связи более подробно рассмотрены ниже.

Управление соединениями на ИЦСС обеспечивается управляющим комплексом с помощью специальной системы сигнализации по общему каналу.

Управляющий комплекс интегральной цифровой сети связи располагается на ведущем узле $У^{II}$ и представляет собой специализированную ЭВМ.

Для управления узлами третьего класса $У^{III}$ создается некоммутируемая сеть каналов передачи данных, которая используется для передачи сигнальной информации.

6.4. СИНХРОНИЗАЦИЯ ЦИФРОВОЙ СЕТИ

На ИЦСС оборудование всех станций должно быть строго синхронизировано по частоте и фазе для того, чтобы на всех узлах коммутации фазы цикла систем передачи с ВРК точно совпадали. С этой целью необходимо, чтобы все системы передачи работали с одной частотой, а задержки группового сигнала при передаче его по линиям связи во всех направлениях были либо одинаковы, либо кратны целому числу периодов цикла ($t_з = nT_ц$). Таким образом, система синхронизации ИЦСС должна обеспечивать два вида синхронизации — синхронизацию по частоте и синхронизацию по фазе.

При несовершенной системе синхронизации некоторая часть информации, передаваемой в виде потока двоичных разрядов, может быть потеряна. Пример потери информации при расхождении частот тактовых генераторов передающего и приемного узлов рассмотрим с помощью временно́й диаграммы рис. 6.2.

Тактовые моменты записи поступающей информации обычно фиксируются в регистре приема. Считывание этой информации

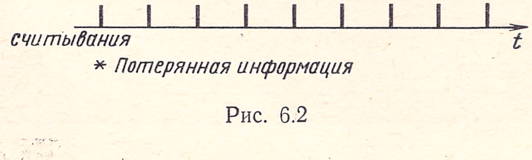

Рис. 6.2

производится в моменты, формируемые другим (местным) тактовым генератором, частота которого ниже частоты принимаемых сигналов. Из диаграммы видно, что информация, пришедшая в пятом тактовом интервале, не считывается и, следовательно, будет потеряна. В шестом тактовом интервале оба узла (передающий и приемный) снова входят в синхронизм, и следующая потеря информации повторится снова через четыре тактовых интервала. Рассмотренное явление называется «проскальзыванием» частоты. При передаче речи одно проскальзывание в минуту остается незамеченным и не влияет на качество речи. Однако при передаче данных требуется более высокая точность синхронизации, поскольку любые ошибки могут сильно исказить передаваемую информацию. Нормы для цифровой сети допускают не более одного проскальзывания за пять часов.

Существует несколько способов синхронизации сети. Наиболее распространены схемы взаимной, принудительной и независимой (плезиохронной) синхронизации.

Принцип взаимной синхронизации можно пояснить по схеме, приведенной на рис. 6.3. По этой схеме в тракт передачи между узлами А и Б вносится дополнительная задержка с помощью устройств задержки (УЗ) с регулируемым временем задержки. Синхронизация достигается, когда схемой задержки выравнивается время задержки в обоих узлах. При большем числе узлов на сети единая тактовая частота устанавливается для всей сети благодаря взаимодействию многовходовых генераторов с фазовой подстройкой, которыми оборудуется каждый узел коммутации. Схема взаимной синхронизации не требует высокой стабильности генераторов, однако из-за наличия помех она теряет свои преимущества.

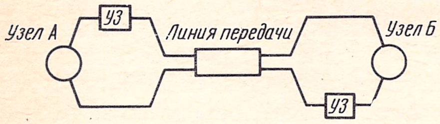

Рис. 6.3

Пример сети с принудительной синхронизацией показан на рис. 6.4. Схема синхронизации цифровой сети может иметь несколько иерархических уровней. На верхнем уровне находится главный ведущий узел, затем следуют узлы нижних уровней. На рассмотренном примере в отдельных районах сети имеются ведущие генераторы, сфазированные с главным генератором, и, на-

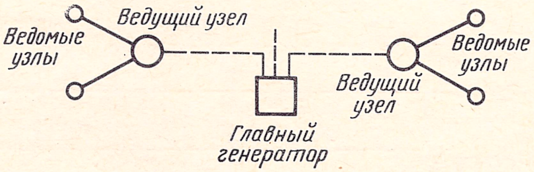

Рис. 6.4

конец, ведомые узлы, генераторы которых фазируются ведущим генератором района. Число уровней иерархии может быть и большим.

Тактовая частота от главного генератора к генераторам ведущих узлов подается по специальной сети синхронизации (на рис. 6.4 эти тракты показаны штриховой линией). Ведомые узлы синхронизируются тактовой частотой, выделяемой из группового сигнала. Главный генератор вырабатывает стандарт частоты с высокой стабильностью, которая должна достигать величины 10^{-11}. Это позволяет организовать цифровую связь между различными районами. Главный генератор ввиду особой важности должен быть многократно резервирован. В качестве главного генератора используются высокостабильные рубидиевые или цезиевые генераторы. Генераторы ведущих и ведомых узлов могут быть кварцевыми. В случае выхода из строя канала синхронизации сеть может работать некоторое время без заметных отклонений частоты.

Возможно также построение сети с независимой синхронизацией, если все узлы коммутации обеспечить высокостабильными рубидиевыми генераторами. Однако их сложность и высокая стоимость в настоящее время не позволяют широко использовать этот способ. Все же, если обеспечить разность частот генераторов двух узлов сети на уровне 10^{-9}, «проскальзывание» может случиться один раз в каждые 34 ч.

Рассмотренные способы синхронизации позволяют обеспечить синхронную работу узлов коммутации по частоте.

Синфазная работа передающего и приемного оборудования достигается синхронизацией по циклам. Для этой цели из группового сигнала выделяется информация, которая указывает начало цикла и позволяет однозначно указывать (идентифицировать) канальные интервалы в цикле.

6.5. СИНХРОНИЗАЦИЯ ЦИФРОВЫХ КАНАЛОВ В ГРУППОВОМ ТРАКТЕ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ С ИКМ

Синхронизация цифровых каналов по разрядам (последовательная) и циклам в каждом групповом тракте осуществляется путем выделения информации, содержащейся в групповом сигнале. Для посимвольной синхронизации из группового сигнала выделяется основная тактовая частота. Для синхронизации по циклам выделяется информация, которая указывает начало цикла и устанавливает однозначно номера канальных интервалов в цикле. Информация, необходимая для синхронизации, может быть выделена одним из двух способов: сонаправленным или противонаправленным. Сонаправленный способ имеет более простую схему, но его характеристика хуже противонаправленного способа, при котором выполняются активные функции, например обратная связь. Поэтому сонаправленный способ как более про-

стой и экономичный используется для посимвольной синхронизации в регенераторах.

В оконечном оборудовании для более качественной посимвольной и цикловой синхронизации используется противонаправленный способ. Рассмотрим принцип посимвольной и цикловой синхронизации.

Структурные схемы посимвольной синхронизации показаны на рис. 6.5. В схеме сонаправленной синхронизации (рис. 6.5,*а*) име-

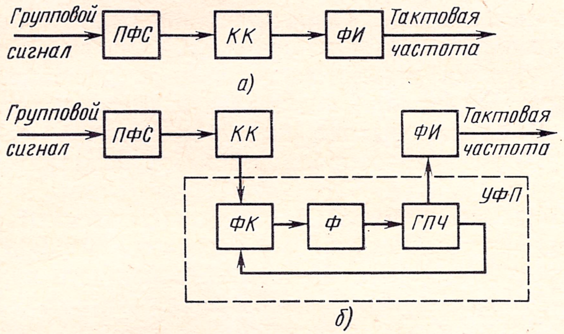

Рис. 6.5

ется колебательный контур (КК), который настроен на тактовую частоту. Выделенные с его помощью сигналы поступают на формирователь импульсов (ФИ), который обеспечивает выдачу тактовых импульсов нужной формы.

В схеме противонаправленной синхронизации (рис. 6.5,*б*) между КК и ФИ включено устройство фазовой подстройки (УФП), состоящее из фазового компаратора (ФК), фильтра (Ф) и генератора переменной частоты (ГПЧ), который управляется напряжением. С помощью цепи обратной связи ГПЧ управляется таким образом, чтобы свести к минимуму разность фаз между поступающими импульсами и импульсами, вырабатываемыми ГПЧ. Преобразователь формы сигнала (ПС), включенный на входе схемы, выполняет некоторое преобразование формы линейного сигнала. Например, линейный биполярный сигнал преобразуем в однополярный путем двухполупериодного выпрямления.

Принципы сонаправленной и противонаправленной цикловой синхронизации представлены структурными схемами на рис. 6.6. Сонаправленный способ цикловой синхронизации (рис. 6.6,*а*) основан на использовании в одном временно́м канале (например, первом) заранее выделенной кодовой комбинации, которая передается в начале каждого цикла (или через цикл). Входные комбинации, содержащиеся в регистре сдвига (РС), сравниваются в устройстве сравнения (УС) с синхронизирующей комбинацией, которая хранится в памяти синхронизируемой комбинации (ПСК).

При совпадении принятой комбинации с заранее предписанной комбинацией цикловой синхронизации начинает работу распределитель канальных интервалов (РКИ), который обеспечивает идентификацию каналов. До появления сигнала запуска синхронизации с выхода УС РКИ не работает.

Противонаправленный способ цикловой синхронизации (рис. 6.6,*б*) обеспечивает более устойчивую синхронизацию за счет введения в цепь связи между схемой соответствия (СС), содер-

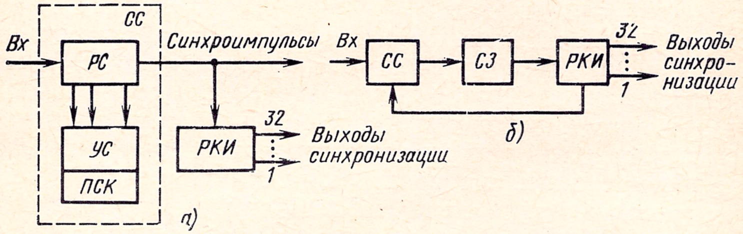

Рис. 6.6

жащей РС, УС, ПСК, и распределителем каналов дополнительной схемы защиты (СЗ). Схема защиты предотвращает ошибочную работу распределителя канальных интервалов в случае нарушений в передаче либо искажения синхросигнала, которое может возникнуть из-за случайного появления комбинации цикловой синхронизации в информационной последовательности. Защита осуществляется путем подсчета несовпадений, число которых должно достичь определенного значения, чтобы началась повторная синхронизация.

7. СОВМЕСТНАЯ РАБОТА ЭУК ИЦСС И СТАНЦИЙ АНАЛОГОВЫХ ТЕЛЕФОННЫХ СЕТЕЙ

7.1. ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ СИГНАЛИЗАЦИИ

Создание новых цифровых систем автоматических телефонных станций и внедрение их на телефонных сетях с АТС более ранних выпусков, коммутирующих разговорные сигналы в аналоговой форме, приводят к необходимости обеспечения совместной работы АТС различных систем. Для этой цели разрабатываются различные системы сигнализации, которые позволяют согласовывать работу оборудования телефонных станций разных систем для установления и удержания соединений.

Система сигнализации определяется составом передаваемых сигналов между оборудованием взаимосвязанных АТС и способом их передачи по участкам сети. В состав передаваемых сигналов входят функциональные (линейные, сигналы управления)

и акустические сигналы. Линейные сигналы определяют основные этапы соединения: занятие, ответ абонента, занятость линии, отбой, разъединение соединения. Сигналы управления соединением передаются в процессе установления соединения и содержат адресную информацию (номер вызываемого абонента). Функциональные сигналы являются основными в процессе коммутации. Акустические сигналы в виде зуммеров передаются абонентам, участвующим в соединении, и информируют их о различных этапах установления соединения.

Способы передачи сигналов между станциями зависят от используемых типов коммутационного оборудования и системы передачи информации. Поэтому появление каждого нового типа станции приводит к необходимости изменения способов передачи сигналов между вновь устанавливаемыми станциями и согласования их работы с ранее установленными станциями. Так, при наличии на телефонных сетях СССР станций с непосредственным управлением (ДШАТС) все функциональные сигналы между ними передавались батарейными импульсами. Появление станций с косвенным управлением (координатные АТС), содержащих быстродействующие групповые управляющие устройства (маркеры и регистры), вызвало необходимость в увеличении скорости передачи управляющих сигналов как внутри станции, так и между станциями. Это привело к созданию быстродействующего многочастотного способа передачи сигналов управления между устройствами управления (маркерами и регистрами) координатных АТС.

Развитие системы сигнализации обусловливается необходимостью повышения надежности функционирования коммутационных систем, снижения объема и стоимости аппаратуры сигнализации, увеличения числа передаваемых сигналов и скорости их передачи, обеспечения возможности передачи данных непосредственно от абонентских установок через коммутационное оборудование станций.

В настоящее время на смену электромеханическим системам приходят квазиэлектронные и электронные системы АТС, управление которыми осуществляют специализированные ЭУМ.

Вполне естественно, что с переходом к станциям нового типа существенно изменяются также принципы и технические решения построения системы сигнализации, происходит резкое увеличение скорости обмена в управляющих устройствах. Таким новым принципом построения системы сигнализации является применение общего канала сигнализации (ОКС).

Развитие систем сигнализации можно разделить на три периода. Первый период характеризуется широким использованием декадно-шаговых станций с непосредственным управлением, в которых все функциональные сигналы передаются по индивидуальному тракту. Таким индивидуальным трактом передачи телефонных сигналов является: а) сам разговорный канал, по которому установлено соединение; б) индивидуальный выделенный сигнальный канал, закрепленный за данным разговорным каналом и ле-

жащий за пределами его частотной полосы. На местных сетях для передачи функциональных сигналов используется разговорный тракт, по которому осуществляется их передача батарейными импульсами. Индивидуальный выделенный сигнальный канал используется для сигнализации на междугородной сети. К первому периоду относятся системы сигнализации № 1—3, рекомендованные МККТТ для междугородной сети связи. Во всех этих системах для передачи функциональных сигналов используется разговорный тракт. Для кодирования телефонных сигналов используются одна или несколько частот, лежащих в спектре стандартного телефонного канала.

Второй период характеризуется появлением на телефонных сетях станций координатной системы с косвенным управлением. Введение косвенного управления потребовало увеличения числа передаваемых управляющих сигналов (запроса, подтверждения, повторения отдельных цифр, части номера или всего номера, признаков категории и т. д.), повышения скорости и достоверности их передачи. При передаче управляющих сигналов кодированным способом к индивидуальному тракту, по которому устанавливается соединение, подключаются на короткие промежутки времени групповые устройства (маркеры и регистры), между которыми осуществляется обмен сигналами управления. Разработанные в СССР координатные АТС (АТСК), предназначенные для работы на местных сетях, имеют многочастотный способ передачи управляющих сигналов кодом «2 из 6» методом «импульсного челнока». При использовании данного способа обеспечивается принудительная смена этих сигналов, когда запрос на передачу цифры и передача цифры происходят только после распознавания и фиксации каждого из указанных сигналов.

Ко второму периоду относятся также системы сигнализации № 4 и 5, рекомендованные МККТТ для международной сети связи. В системе сигнализации № 4 для передачи функциональных сигналов используются две частоты — 2040 и 2400 Гц. Распознавание сигналов производится по длительности и частоте. В системе сигнализации № 5 для передачи управляющей информации используются комбинации двух частот из шести, которые передаются в полосе частот разговорного спектра. Линейные сигналы в системе сигнализации № 5 передаются на частотах 2400 и 2600 Гц. В 1972 г. МККТТ была рекомендована вместо системы сигнализации № 4 система сигнализации R2, в которой для передачи линейных сигналов используется индивидуальный выделенный сигнальный канал на частоте 3825 Гц, который закрепляется за каждым разговорным каналом. Линейные сигналы передаются на этой частоте в режиме с подтверждением. Сигналы управления в системе R2 передаются по разговорному каналу 12-частотным двухполосным способом, который использует две группы частот: одну для прямого направления, другую — для обратного. Для каждого направления передача ведется кодом «2 из 6» методом «непрерывного челнока». Применение прямых и обрат-

ных сигналов в разнесенных группах частот позволяет начинать их передачу в одном направлении, не дожидаясь прекращения передачи сигналов в другом направлении. Это дает возможность использовать систему R2 на двухпроводных линиях с высокой скоростью передачи.

На междугородной сети СССР в АМТС-1М, АМТС-2 и АМТС-3 для передачи линейных сигналов используются частоты 1200 и 1600 Гц, а в новых системах АМТС: АМТС-4, УАК, АРМ-20 — частота 2600 Гц. Управляющие сигналы в новых системах АМТС передаются кодом «2 из 6» с использованием тех же частот, что и в системе № 5, но отличаются от последней составом управляющих сигналов и режимом их передачи.

Третий период характеризуется применением на телефонных станциях программного управления на основе записанной программы. В этих станциях можно значительно сократить объем и стоимость оборудования сигнализации путем использования запоминающих устройств ЭУМ и высокой скорости обработки информации. Станции этого типа могут обеспечить передачу линейных и управляющих сигналов не по индивидуальным каналам, а по общему каналу сигнализации с применением средств передачи данных.

Общий канал сигнализации представляет собой дискретный канал связи между двумя программно управляемыми станциями, по которому по принципу адресно-группового использования организуется передача функциональных телефонных сигналов, относящихся к целому пучку разговорных каналов. Кроме того, по ОКС можно передавать ряд дополнительных функциональных сигналов — таких, как сигналы учета нагрузки, учета стоимости разговора, сигналы динамического управления сетью и т. п.

Общий канал сигнализации может применяться на различных участках сети, оборудованных коммутационными станциями с программным управлением.

В 1972 г. МККТТ была утверждена система сигнализации № 6, рекомендуемая для организации ОКС на международных участках телефонной сети. Вопрос применения системы сигнализации № 6 на национальных сетях находится в стадии изучения. В процессе испытаний системы сигнализации № 6 выявились следующие ее недостатки: система не рассчитана на работу по каналам с большим временем распространения сигнала, имеет недостаточную помехоустойчивость, ограниченный объем адресной части и недостаточно гибка для приспособления к нуждам национальных сетей. Поэтому с 1973 г. МККТТ был поставлен вопрос о разработке системы сигнализации № 7.

Разработанная и утвержденная МККТТ в 1980 г. система сигнализации № 7 обладает следующими преимуществами: пригодна для сетей связи различного назначения (телефонной, телекс, передачи данных и др.); имеет различные модификации и используется как на международной, так и на национальных сетях; обеспечивает устойчивую работу по каналам связи с вре-

менем распространения сигнала до 1 с и коэффициентом ошибок до 10^{-4}.

Ниже будут рассмотрены вопросы совместной работы станций аналоговых телефонных сетей со станциями ИЦСС и различные способы передачи между ними линейных сигналов и сигналов управления как при наличии, так и при отсутствии ОКС.

7.2. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРАКТОВ С ИКМ ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИГНАЛОВ ПРИ СВЯЗИ С АТС ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

На телефонных сетях для связи между станциями могут использоваться системы сигнализации, в которых линейные сигналы и сигналы управления передаются по тем же самым линиям или каналам, по которым передаются разговорные сигналы. Такие системы сигнализации называются децентрализованными и используются в основном при взаимосвязи станций электромеханических систем друг с другом. К децентрализованным системам сигнализации относятся также системы, в которых сигнальная информация передается по выделенным сигнальным каналам, которые закрепляются за каждым разговорным каналом.

На АТС с общими управляющими устройствами используются, как правило, централизованные системы сигнализации. В этом случае организуется специальный ОКС, по которому передаются все сигналы, необходимые для установления соединений по одной или нескольким группам каналов. Сигналы передаются двоичным кодом. Каждому сигналу придан адрес, указывающий, к какому разговорному каналу относится данный сигнал. Код сигнала, адрес и другая дополнительная информация составляют сигнальную единицу (СЕ). Поэтому вся информация по ОКС передается в составе СЕ.

Централизованная система сигнализации по ОКС имеет следующие преимущества: высокую скорость передачи сигналов, а следовательно, малое время установления соединения; упрощение линейных комплектов; двустороннее использование разговорных каналов; отсутствие взаимного влияния функциональных и разговорных сигналов.

В электронных АТС используются как децентрализованные, так и централизованные системы сигнализации. Децентрализованные системы сигнализации используются в основном для взаимосвязи станций электромеханических систем друг с другом, для связи электронных АТС с АТС электромеханических систем, а также для взаимосвязи электронных АТС при малом числе соединительных линий в пучке, когда организация ОКС неэкономична. Централизованные системы сигнализации применяются для взаимосвязи электронных АТС при достаточно большом числе соединительных линий в пучке.

Связь электронных АТС со станциями электромеханических систем может осуществляться как по аналоговым соединитель-

ным линиям, так и по каналам с ИКМ. При наличии аналоговых соединительных линий и децентрализованной системы сигнализации на АТСЭ осуществляется подключение СЛ к специальным устройствам, обеспечивающим аналого-цифровое преобразование разговорных сигналов. В этих же устройствах происходят преобразование линейных сигналов и сигналов управления, передаваемых декадным кодом, и введение их в сигнальные каналы тракта с ИКМ. При связи АТСЭ со станциями электромеханических систем по каналам с ИКМ линейные сигналы и сигналы управления декадным кодом передаются по сигнальному каналу тракта с ИКМ. Многочастотные сигналы управления, поступающие по разговорным каналам от координатных и квазиэлектронных АТС, преобразуются в цифровую форму, после чего через цифровое ДП поступают на приемные устройства АТСЭ.

Устройства сигнализации (УС) электронных АТС можно разделить на три вида: централизованные, работающие по ОКС (УС ОКС); децентрализованные, работающие по разговорным каналам (УС РК); децентрализованные, работающие по 16-му каналу тракта с ИКМ (УС 16к).

Наибольшее распространение на национальных сетях получили децентрализованные системы сигнализации, работающие по 16-му каналу тракта с ИКМ. В таких системах на электронных АТС 16-е каналы систем с ИКМ через КП постоянно скоммутированы на УС 16к, где производятся обработка и анализ поступающих сигналов. Из этих же устройств осуществляется передача сигналов на встречные АТС. Обычно к УС 16к подводится групповой тракт со скоростью передачи 2048 кбит/с, в котором содержатся 30 шестнадцатых каналов от 30 систем с ИКМ. Следовательно, одно УС 16к обслуживает 900 разговорных каналов.

При использовании между электромеханическими системами АТС, а также между электромеханическими и электронными системами АТС децентрализованных устройств сигнализации УС 16к линейные сигналы и сигналы управления между ними могут передаваться цифровыми способами. Европейское объединение администраций связи (CEPT — La Conference Europeene des Administrations des Post et Telecommunications) утвердило стандарт, согласно которому передача всех линейных сигналов и сигналов управления, относящихся к 30 разговорным каналам аппаратуры ИКМ-30, осуществляется в одном 16-м канале этой же системы с ИКМ. Указанный стандарт рекомендован МККТТ.

На рис. 7.1 показан принцип организации сверхцикла. При организации сверхцикла каждый байт 16-го канала делится на две половины по четыре бита. Для передачи сигнальной информации одного канала выделяются четыре бита для каждого направления передачи. Отсюда следует, что в одном цикле в восьми рядах передается сигнальная информация двух каналов. В частности, один байт 16-го канала в i-м цикле обслуживает i-й и $(i+16)$-й разговорные каналы. Следовательно, для 32 каналов необходимы 16 циклов, которые образуют сверхцикл. Период одного сверхцик-

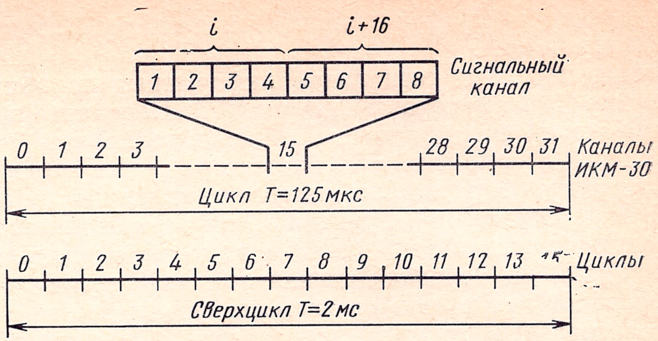

Рис. 7.1

ла составляет 2 мс. Это означает, что сигнальная информация передается со скоростью 8 кбит/с. В одном сверхцикле 15 циклов используются для передачи сигнальной информации, а 16-й цикл служит для сверхцикловой синхронизации.

При наличии трактов с ИКМ между станциями электромеханических систем, а также между электромеханическими и электронными станциями во всех 30 входящих и исходящих линий, объединяемых одним трактом с ИКМ, должны быть включены линейные комплекты, предназначенные для приема и передачи сигнальной информации. Бо́льшая часть функциональных сигналов в этом случае передается не по 16-му, а по индивидуальным каналам. Эти сигналы преобразуются в цифровую форму в исходящих комплектах, а во входящих комплектах происходит их обратное преобразование. По 16-му каналу передается только

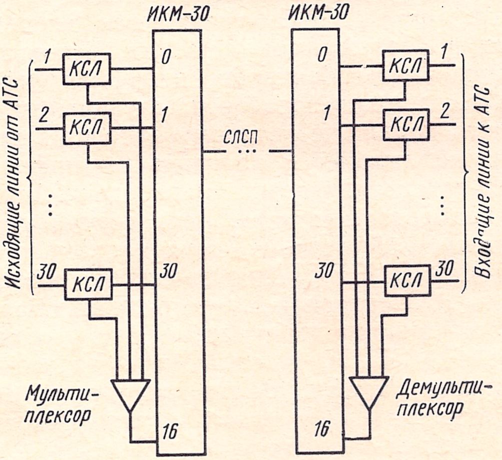

Рис. 7.2

незначительная часть функциональных сигналов (занятие, отбой, разъединение и др.).

Принцип передачи сигнальной информации по общему 16-му сигнальному каналу показан на рис. 7.2. Передаваемая сигнальная информация на исходящем конце объединяется от 30 исходящих линий с помощью мультиплексора, а на входящем конце разделяется по 30 входящим линиям с помощью демультиплексора. В этом случае 16-й временно́й канал можно рассматривать как групповой сигнальный канал с временны́м разделением.

Такой принцип передачи сигнальной информации можно считать переходной ступенью от системы сигнализации с индивидуальным сигнальным трактом, закрепленным за каждым разговорным каналом, к системе с общим каналом сигнализации, где телефонные сигналы, относящиеся к целому пучку телефонных каналов, передаются по одному групповому каналу. Принцип организации канала ОКС на цифровых сетях рассмотрен в следующем параграфе.

7.3. ОРГАНИЗАЦИЯ ОКС НА ЦИФРОВЫХ СЕТЯХ

В качестве каналов связи для организации ОКС могут использоваться: стандартные телефонные каналы систем передачи с частотным разделением каналов; выделенные временны́е каналы, организованные в системах передачи с ИКМ; физические линии. В зависимости от типа используемых каналов меняются методы передачи и способы кодирования телефонных сигналов.

Каждое сообщение, относящееся к определенному соединению и передаваемое по ОКС, должно содержать: адресную информацию о номере телефонного канала, к которому относится данное сообщение, непосредственно сигнальную информацию, а также некоторую избыточную информацию, необходимую для обнаружения случайных ошибок в принятом сообщении.

Передача сигналов по ОКС заключается в следующем. Для каждого сообщения формируются одна или несколько сигнальных единиц, представляющих собой набор двоичных цифр 0 и 1. Сигнальная единица содержит заголовок, сигнальную информацию, адрес разговорного канала, к которому относится эта сигнальная информация, и дополнительную контрольную информацию, предназначенную для повышения верности передачи. Вся информация передается в закодированном виде. Если сигнал удается разместить в одной сигнальной единице, то она называется одиночной сигнальной единицей (ОСЕ). Для передачи информации о номере вызываемого абонента используются, как правило, несколько сигнальных единиц; при этом первая сигнальная единица называется начальной (НСЕ), а остальные — последующими сигнальными единицами (ПСЕ). В том случае, когда сигнальная информация не передается, в канал посылаются синхронизирующие («пустые») сигнальные единицы.

Передаваемая по ОКС информация кодируется циклическим

кодом, который дает возможность обнаруживать ошибки на приемном конце и осуществлять повторение передаваемой информации.

Для передачи сигналов по ОКС между двумя электронными станциями предусматривается установка на АТСЭ специального оборудования, содержащего собственно аппаратуру сигнализации (АС) и тракт передачи данных. Тракт передачи данных, в свою очередь, состоит из модемов и стандартного канала ТЧ. Структурная схема ОКС показана на рис. 7.3. При передаче сигналов

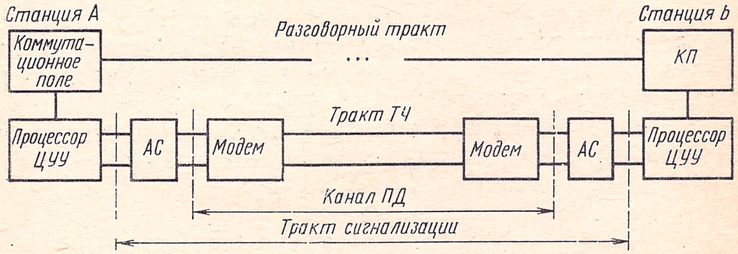

Рис. 7.3

ЦУУ исходящей станции определяет, какой сигнал должен быть передан, указывает адрес, т. е. номер направления и номер СЛ в этом направлении, затем кодирует эту информацию и передает в АС. В АС добавляется защитная информация, после чего сообщение поступает в модем, который передает его в линию. Модемы преобразуют бинарные сигналы в сигналы, пригодные для передачи по стандартным ТЧ каналам. Аппаратура сигнализации производит операцию ввода-вывода сигналов в процессор ЦУУ станции и операции по обеспечению заданной верности передачи.

Если ОКС организуется по каналам частотных систем передачи, то сигналы передаются со скоростью 1200 или 2400 Бод с использованием фазоразностной модуляции. При организации ОКС по физическим линиям сигналы передаются знакопеременными импульсами постоянного тока со скоростью 2400—19 200 Бод.

В электронных АТС оборудование УС ОКС включается в коммутационное поле, которое постоянно соединяет с ним сигнальные или 16-е каналы тех систем с ИКМ, которые образуют пучки каналов, обслуживаемые ОКС. В УС ОКС входят те же блоки, что в ОКС, показанный на рис. 7.3, за исключением модемов.

В электронных АТС наибольшее распространение получили централизованные системы сигнализации № 6 и 7.

Система сигнализации № 6 была принята МККТТ в 1972 г. и рекомендована для применения между станциями с программным управлением на международных участках телефонной сети. В системе используются три вида сигнальных единиц: основная сиг-

нальная единица (ОСЕ), синхронизирующая сигнальная единица (ССЕ) и сигнальная единица подтверждения (СЕП). Основная сигнальная единица может быть многоединичной и содержать НСЕ и несколько ПСЕ или одноединичной. Каждая сигнальная единица состоит 28 бит, из них 8 бит используются для защиты. В ОСЕ заголовок содержит 5 бит и определяет характер сигнала. Возможны 32 различных заголовка. Для кода сигнала отводится 4 бита (16 кодов). Затем следует адрес: 7 бит — номер группы каналов (128 групп) и 4 бита — номер канала в группе (16 каналов).

При наличии между станциями трактов с ИКМ разработан цифровой вариант системы сигнализации № 6. Функциональные сигналы в этом случае передаются не по тракту передачи данных, а по 16-му каналу аппаратуры ИКМ-30.

На рис. 7.4 показан цифровой вариант системы сигнализации № 6. Сигнальный код системы содержит 28 сигнальных разрядов.

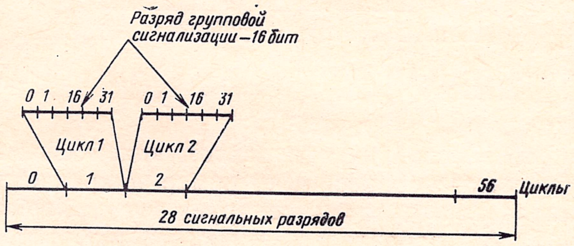

Рис. 7.4

Для передачи каждого разряда сигнализации используются биты 16-го канала двух следующих друг за другом циклов, т. е. два байта (16 бит). Поэтому скорость передачи каждого сигнального разряда составляет 4 кбит/с.

Нулевое и единичное значения каждого сигнального разряда кодируется по-разному в зависимости от порядкового номера сигнального разряда (четный и нечетный). Код передачи нулевых и единичных значений каждого сигнального разряда представлен в табл. 7.1.

Таблица 7.1

Нулевые и единичные значения сигнального разряда	Четность разряда	Код передачи
1	Нечетный	00111100 00111100
1	Четный	11000011 11000011
0	Нечетный	00000000 00000000
0	Четный	11111111 11111111

Для передачи 28 разрядов сигнального кода требуется затратить 56 циклов. Нулевой цикл используется для цикловой синхронизации.

Для цифровых международных и национальных сетей связи МККТТ рекомендована система сигнализации № 7. На интегральных сетях реализуются, во-первых, единые принципы передачи и коммутации, а во-вторых, единые принципы передачи разных видов цифровых и аналоговых сигналов. Передача сигнальной информации на таких сетях должна соответствовать указанным принципам.

Система № 7 разработана с учетом использования цифровых каналов со скоростью 64 кбит/с и менее, а также аналоговых каналов.

В системе используются сигнальные единицы переменной длины (рис. 7.5,*а*). Сообщение начинается специальным байтом

Рис. 7.5

(флагом), который представляет собой восьмибитовую комбинацию (01111110). В следующем байте передаются номер последнего принятого сообщения (обратный циклический номер — ОЦН) и указание, требуется или нет повторение (обратный бит-индикатор — ОБИ). В третьем байте передается номер передаваемого сообщения (прямой циклический номер — ПЦН) и указывается, передается ли сообщение впервые или идет повторная передача (прямой бит-индикатор — ПБИ). В четвертом байте указывается длина сообщения в байтах (индикатор длины — ИД). Для ИД отведено 6 бит, остальные 2 бита являются резервными. В пятом байте 4 бита указывают вид сигнальной информации СИ (телефонная, передача данных и т. п.) и 4 бита остаются в резерве. Следующие байты, начиная с шестого, содержат сигнальную информацию. В конце сообщения передаются два байта проверочных разрядов. Длина СЕ определяется содержанием передаваемой сигнальной информации и является переменной.

Сигнальные единицы разделяются на «значащие» и «пустые», «незначащие». Признаком пустой сигнальной единицы является отсутствие сигнальной информации, что соответствует значению индикатора длины, равного нулю. Начало и конец сигнальной

единицы определяются флагом. Заключающий флаг может служить начинающим флагом для новой СЕ.

Процедура передачи СЕ в системе сигнализации № 7 следующая. На передающем конце значащие СЕ записываются в буферную память передатчика с сохранением последовательности переданных циклических номеров. По мере поступления от приемника обратных циклических номеров из буферной памяти стираются те СЕ, номера которых подтверждены поступившими обратными циклическими номерами. При изменении обратного бита-индикатора происходит повторная передача из буферной памяти СЕ, начиная с той, которая не была подтверждена. По окончании повторной передачи из буферной памяти происходит переход к нормальной работе. Прямой бит-индикатор изменяет свое состояние в соответствии с изменением состояния обратного бита-индикатора. При отсутствии запроса на передачу передаются пустые СЕ с сохранением прямого циклического номера последней переданной значащей единицы. При приеме должны анализироваться только те СЕ, которые прошли процедуру устранения флагов и лишних нулей, а также кодовую проверку. Затем происходит анализ на соответствие прямых циклических номеров и значимость СЕ. На приемном конце должны быть две процедуры приема соответственно для значащей и незначащей СЕ.

Если СЕ не является значащей и если прямой циклический номер равен прямому циклическому номеру последней принятой значащей СЕ, тогда эта СЕ не используется. Если соответствие прямого и обратного циклических номеров нарушено и прямой бит-индикатор имеет то же самое состояние, что и обратный бит-индикатор, то посылается запрос на повторение СЕ путем инвертирования обратного бита-индикатора. Если прямой бит-индикатор отличается от посылаемого обратного, то данная СЕ тоже не используется. В случае, когда СЕ является значащей и прямой, циклический номер соответствует номеру последней правильно принятой СЕ и эта сигнальная единица уничтожается вне зависимости от состояния битов-индикаторов.

Если прямой циклический номер превышает на единицу (по модулю максимального циклического номера) номер последней принятой значащей СЕ, то она передается на обработку, если состояния прямого и обратного битов-индикаторов равны. Если прямой циклический номер отличается больше чем на единицу, то она аннулируется, а если в этом случае состояние прямого бита-индикатора соответствует состоянию обратного бита-индикатора, то посылается запрос на повторение путем инвертирования обратного бита-индикатора.

Рассмотренная процедура передачи и приема СЕ одинакова для любого вида сигнальной информации.

Применительно к телефонной связи сигнальная информация имеет следующую структуру (рис. 7.5,*б*). Самое короткое сообщение может содержать только адресную часть и заголовки информации. Адресная часть состоит из 40 бит и содержит код вы-

зываемой станции (14 бит), код исходящей станции (14 бит) и номер пучка каналов или номер канала КК (12 бит). Заголовок информации НО указывает вид сигнала, а заголовок Н1 — сигнальную информацию. В более длинных сообщениях указываются дополнительная информация о вызовах (ДИ), категория вызова (КВ), индикаторы сообщения (ИС), число знаков в номерной информации (КЗ) и номерная информация (НИ) вызываемого и вызывающего абонентов. Телефонные сигналы дополняются до байта путем заполнения.

Система сигнализации № 7 может использоваться как для цифровых, так и для аналоговых систем передачи, работающих по наземным или космическим каналам связи. Применение СЕ переменной длины позволяет создать гибкую систему, легко приспосабливаемую к требованиям различных сетей связи. Единая процедура передачи и приема СЕ различной длины позволяет легко разрешить вопросы совместимости и унификации аппаратуры сигнализации. По этой причине система № 7 является наиболее перспективной системой централизованной сигнализации по ОКС.

Применение системы сигнализации по ОКС ставит новую задачу, которая не возникала в случае реализации децентрализованных систем сигнализации,— задачу построения сети ОКС. Сеть ОКС представляет собой совокупность общих каналов сигнализации, связывающих между собой узлы коммутации.

Сеть ОКС может функционировать в связанном и несвязанном режимах. При связанном режиме структура сети ОКС полностью совпадает со структурой сети связи, которую она обслуживает (рис. 7.6,*а*). Для повышения надежности передачи каждый ОКС резервируется.

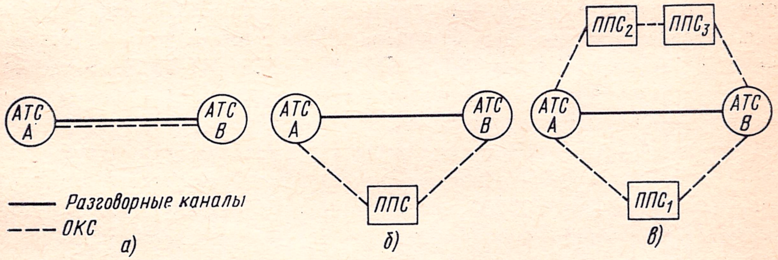

Рис. 7.6

При несвязанном режиме структура сети ОКС не совпадает со структурой обслуживаемой ими сети связи. Различают квазисвязанный (рис. 7.6,*б*) и полностью несвязанный (рис. 7.6,*в*) режимы работы. В первом случае маршрут сообщений при установлении соединения между двумя пунктами всегда остается фиксированным, хотя может иметь несколько вариантов. Во втором случае маршруты сообщений заранее не определены. При несвя-

занном режиме работы в одном соединении участвует несколько последовательно соединенных ОКС. Для передачи сигнальной информации из одного ОКС в другой организуются пункты передачи сигналов (ППС), которые выполняют следующие функции: анализируют адресную и функциональную части каждого сигнального сообщения с тем, чтобы передать это сообщение с учетом его приоритета в соответствующий исходящий ОКС, изменяют адрес принятого сообщения по определенному алгоритму. Применение несвязанного режима функционирования сети ОКС позволяет уменьшить общее число каналов сигнализации и обеспечить высокие технико-экономические показатели этой сети.

8. ЭЛЕКТРОННЫЕ УЗЛЫ КОММУТАЦИИ МЕСТНЫХ СЕТЕЙ СВЯЗИ

8.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

В последние годы особое внимание уделяется ЭУК, имеющим многопроцессорную структуру управляющего оборудования. К числу наиболее известных и перспективных систем относятся системы: ITT-1240, ESS № 5 (США), X (Англия), DX-200 (Финляндия), AXE-10 (Швеция), Е-10 и МТ-20/25 (Франция).

Все указанные системы ЭУК построены в соответствии с обобщенной структурной схемой, рассмотренной в гл. 2, но имеют ряд отличий, из которых наиболее существенными являются: принципы построения КП; принципы построения управляющего оборудования; структурное построение и принцип развития программного обеспечения; возможность использования на телефонных сетях различного назначения.

В данной главе подробно рассматриваются принципы построения тех ЭУК, которые уже эксплуатируются на телефонных сетях СССР или будут введены в эксплуатацию в ближайшем будущем. К ним прежде всего относятся следующие ЭУК: АТСКЭ «Исток», АТСЭ DX-200, АТСЭ МТ-20/25. В рассматриваемых системах электронной коммутации используется различная структура построения управляющего оборудования.

В системе АТСКЭ «Исток» в качестве управляющего оборудования используется центральное управляющее устройство, работающее по записанной программе. В системе DX-200 используется многопроцессорная структура построения управляющего оборудования с разделением функций. В системе МТ-20/25 используется двухмашинный комплекс с разделением нагрузки.

8.2. ИНТЕГРАЛЬНЫЕ КВАЗИЭЛЕКТРОННЫЕ АВТОМАТИЧЕСКИЕ ТЕЛЕФОННЫЕ СТАНЦИИ СИСТЕМЫ «ИСТОК»

Общая характеристика

Разработанные специалистами СССР и ГДР автоматические телефонные станции системы «Исток» предназначены для использования на сельских телефонных сетях. Система состоит из станций двух типов: типа 1 (ИАТСКЭ1) и типа 3 (ИАТСКЭ3). Стан-

ции типа 1 используются автономно в качестве центральной (ЦС), узловой (УС) или оконечной (ОС) станции. Кроме того, АТС типа 1 в качестве ведущей станции используется для организации интегральной сети связи. Станция типа 3 является ведомой по управлению и может использоваться в качестве ОС только при наличии ведущей станции. Управление станцией типа 1 и ведомыми станциями типа 3 осуществляется управляющим комплексом (УК), расположенным на ведущей станции.

Интегральная или частично интегральная сеть связи с АТС системы «Исток» строится по радиально-узловому принципу с использованием существующих на сети станций других типов — координатных или декадно-шаговых. Примерная схема построения сети приведена на рис. 8.1. На схеме имеется два участка инте-

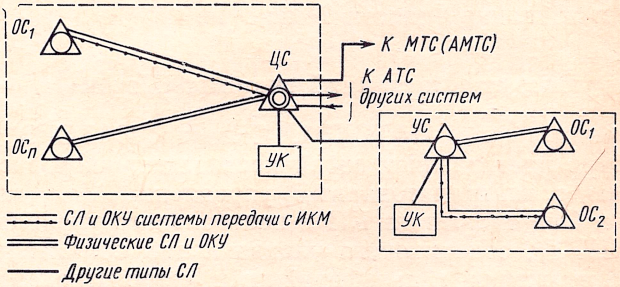

Рис. 8.1

грально-управляемой сети. Первый участок организован на базе ЦС (ИАТСКЭ1) и оконечных (ИАТСКЭ3) $ОС_1$—$ОС_n$. В ЦС включены также соединительные линии (СЛ) к МТС и существующим станциям других систем, которые к интегральной сети не относятся.

Второй участок интегральной сети построен на базе узловой станции (ИАТСКЭ1) и двух оконечных $ОС_1$ и $ОС_2$ типа ИАТСКЭ3. Управление оконечными станциями интегральной сети (или участков сети) осуществляется по общим каналам управления (ОКУ) двух типов: ОКУ, организованному в линейном тракте аппаратуры ИКМ (ИКМ-30) за счет речевых каналов, выделяемых для передачи линейных сигналов и сигналов взаимодействия (при расстояниях 10—50 км); ОКУ, организованному с помощью двух физических СЛ между станциями ИАТСКЭ1 и ИАТСКЭ3 (при расстояниях до 10 км).

Управляющий комплекс ведущей станции типа 1 позволяет организовать интегральный режим работы по 32 направлениям, т. е. максимальное число станций типа 3 на интегральной сети (или участке интегральной сети) равняется 32. При этом направления связи к АТС других систем не учитываются. Емкость интегральной сети составляет 4096 номеров, а при 50% спаренных аппаратов — 6144 номера.

Станции системы «Исток» предоставляют абонентам такие дополнительные виды услуг, как сокращенный набор номера, конференц-связь, вызов абонента по заказу, повторный вызов без набора номера, временный запрет входящей связи и др.

Концентрация управляющих функций на ведущей станции позволила упростить устройства управления на ведомых станциях типа 3, которые являются фактически подстанциями (концентраторами) на сети, и в целом повысить экономические показатели системы связи.

Станция типа 1 может использоваться в качестве автономной при емкости до 4096 номеров (6144 номера при наличии 50% спаренных аппаратов). Емкость станции ИАТСКЭ1 может изменяться дискретно с шагом 256 номеров в диапазоне 512—4096 номеров. Емкость станций ИАТСКЗ составляет 64—256 номеров с шагом наращивания емкости 64 номера.

Структурные схемы станций системы «Исток»

Станция типа ИАТСКЭ1. Станция ИАТСКЭ1 (типа 1) по структуре представляет собой квазиэлектронную коммутационную станцию с централизованным управлением по записанной программе. Она состоит из КП и центрального управляющего устройства (ЦУУ), содержащего управляющий комплекс (УК), устройства сопряжения с периферийными устройствами (УСПУ) и периферийные управляющие устройства (ПУУ). Коммутационное поле станции строится с помощью коммутационных блоков — блоков абонентских линий (БАЛ) и блоков соединительных линий (БСЛ). Коммутационное поле станции ИАТСКЭ1 позволяет коммутировать каналы не только с аналоговыми сигналами, но также циф-

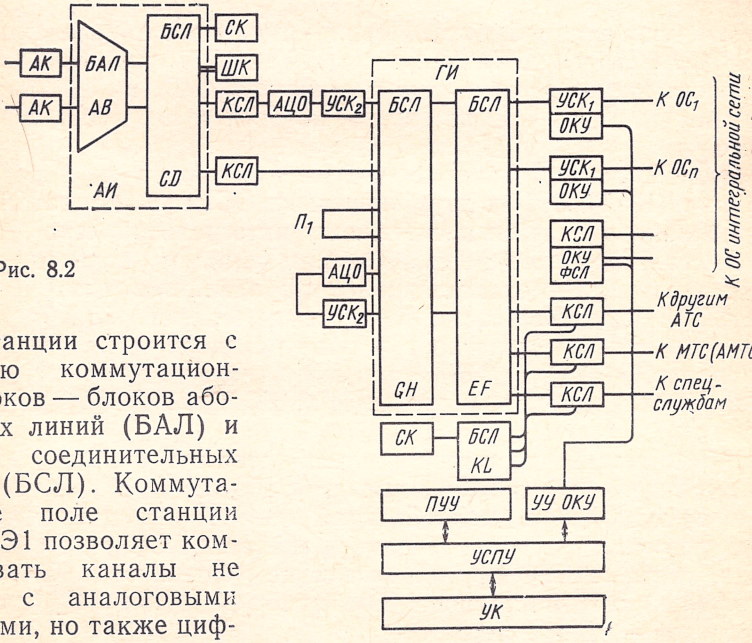

Рис. 8.2

ровые каналы с ИКМ без перехода на низкую частоту. Благодаря такой возможности ИАТСКЭ1 используется для организации интегральной цифровой системы связи. Упрощенная структурная схема станции ИАТСКЭ1 приведена на рис. 8.2.

С помощью групп двухзвенных коммутационных блоков БАЛ и БСЛ образуются укрупненные ступени искания. В частности, блоки БАЛ-АВ и БСЛ-CD образуют ступень, функции которой аналогичны функциям ступени абонентского искания (АИ). Обычно блоки БАЛ-АВ осуществляют концентрацию нагрузки с соотношениями 2 : 1, 4 : 1, 8 : 1, а блоки БСЛ-CD выполняют только функции смешивания нагрузки.

При внутренней связи между абонентами разговорный тракт обеспечивается шнуровыми комплектами (ШК) с ограниченными функциями (питание микрофонных сетей, фиксация отбоя). Подготовительные этапы обслуживания заявки обеспечиваются служебными комплектами (СК) (ответ станции, прием номера, посылка вызова, контроль посылки вызова).

При внешних связях абонентов ИАТСКЭ1 соединение обеспечивается через блоки БСЛ-GH и БСЛ-EF, которые образуют неориентированную ступень ГИ. В подобных ступенях искания отсутствует четкое разделение входа и выхода ступени, так как они могут меняться при различных направлениях связи.

С линейной стороны в ступень ГИ включаются пучки СЛ к станциям ГТС или СТС, МТС или АМТС, спецслужбам. Направления к оконечным станциям типа 3 интегральной сети образуются в большинстве случаев с помощью аппаратуры передачи ИКМ-30, поэтому временные каналы могут быть включены в пространственное КП только после преобразования каналов «время — пространство», которое осуществляется с помощью специальных устройств сопряжения каналов (УСК).

На структурной схеме показано *n* линейных трактов интегральной сети, каждый из которых заканчивается оборудованием $УСК_1$, в состав которых входят также устройства общего канала управления (ОКУ) для каждого направления.

Станция ИАТСКЭ1 может работать на сети также со станциями других систем АТС К-100/2000, АТС К-50/200М по соединительным линиям одно- или двустороннего действия, для которых разработаны комплекты соединительных линий. Кроме того, между ИАТСКЭ1 и МТС или АМТС обеспечивается связь по СЛ и ЗСЛ.

Между ступенями АИ и ГИ организуются два пучка связей. Один пучок содержит только специальные комплекты соединительных линий (КСЛ). Это направление используется при соединениях абонентов ИАТСКЭ1 с абонентами или службами, не входящими в интегральную сеть, т. е. с абонентами АТС других типов, со спецслужбами или при междугородных связях. Второй пучок линий между ступенями АИ и ГИ содержит кроме КСЛ оборудование аналого-цифрового преобразования (АЦО) и преобразователи «пространство — время» ($УСК_2$). С помощью этой

группы линий устанавливаются соединения абонентов ведущей станции с абонентами интегральной сети по линейным трактам с ИКМ. Этот вид соединений в ступени ГИ имеет существенное отличие от соединений предыдущего вида, так как коммутация каналов осуществляется в цифровой форме. В ступенях ГИ также осуществляется транзитное соединение между СЛ (каналами) различных направлений. Транзитные соединения между цифровыми или аналоговыми каналами обеспечиваются в ступени ГИ с помощью перемычек $П_1$, т. е. без преобразования формы сигнала. Для транзитных соединений цифровых каналов с аналоговыми (или наоборот) предусмотрены аналого-цифровые перемычки, включающие в себя аналого-цифровые преобразователи и устройства $УСК_2$.

Состав различных соединительных трактов и принципы коммутации цифровых каналов будут рассмотрены ниже.

Вспомогательные функции выполняет ступень коммутации БСЛ-KL. С ее помощью подключаются служебные комплекты ИАТСКЭ1 к комплектам соединительных линий других АТС и служб для организации обмена сигналами управления и линейными сигналами между станциями.

Управляющее оборудование содержит высокопроизводительный управляющий комплекс типа 4310, который, являясь ЦУУ, осуществляет обработку данных, формирование адресных и управляющих воздействий для управления соединениями на рассматриваемой станции и на всех станциях интегральной сети связи. Он содержит функциональные блоки, характерные для электронных управляющих машин — процессор, запоминающие устройства, внешние устройства, пульт оператора и др. В качестве внешних устройств могут использоваться телетайп, накопитель на магнитной ленте кассетного типа, устройство считывания с перфоленты и ленточный перфоратор. Перечисленные устройства служат для текущего обслуживания, проведения отладочных работ, поиска неисправностей, сбора и отображения статистических данных.

Программное обеспечение управляющего комплекса состоит из систем программ: управления процессом установления соединений; управления процессами эксплуатационных работ; централизованного контроля функционирования и управления УК; централизованного операционного управления.

Непосредственное выполнение задач коммутации в определенных блоках КП возложено на ПУУ всех станций сети.

Устройства сопряжения с периферийными устройствами обеспечивают распределение и передачу управляющей информации по нужным направлениям. В частности, согласно структурной схеме рис. 8.2 УСПУ могут направить информацию от УК либо в ПУУ своей (ведущей) станции, либо в устройство управления ОКУ (УУ ОКУ), из которого получаемая информация распределяется с определенной периодичностью в ОКУ отдельных направлений, т. е. оконечных станций типа 3.

Станция типа ИАТСКЭ3. Станция ИАТСКЭ3 (типа 3) системы «Исток» является квазиэлектронной станцией с пассивными управляющими устройствами. Четырехзвенное коммутационное поле синтезируется из коммутационных блоков БАЛ-АВ со сжатием с параметрами 64×16×2 и блоков смешивания нагрузки БСЛ-CD 64×64×2. Емкость КП может составлять 63—256 номеров при дискретном ее наращивании блоками по 64 номера.

Управляющее устройство станции состоит только из ПУУ, регистры которого загружаются со стороны управляющего комплекса (УК), необходимой для управления информацией с помощью ОКУ. В сторону ведущей станции ПУУ передает данные о состоянии комплектов КП (шнуровых и служебных комплектов, абонентских комплектов и др.), которые формируются при их периодическом сканировании.

Упрощенная структурная схема станции ИАТСКЭ3 изображена на рис. 8.3.

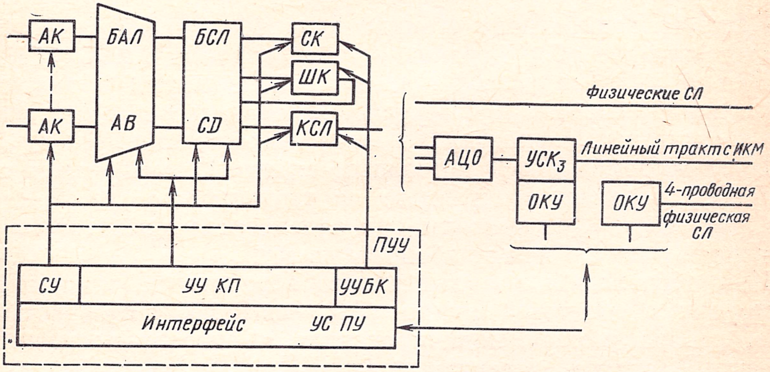

Рис. 8.3

Соединительные линии и общий канал управления (ОКУ) могут быть организованы двумя способами: с помощью аппаратуры ИКМ-30 либо физических СЛ. Линейный тракт, организованный с помощью аппаратуры передачи ИКМ-30, оканчивается устройством сопряжения каналов $УСК_3$, в котором происходят пространственное преобразование временных каналов и выделение из линейного тракта сигналов управления по ОКУ. Цифровые канальные сигналы преобразуются в аналоговую форму с помощью аналого-цифрового оборудования (АЦО). В коммутационном поле станции осуществляется соединение сигналов только аналоговой формы. Обслуживание заявки осуществляется, как и на станции типа 1, с помощью служебных комплектов (СК) (ответ станции, прием номера, вызов абонента и т. д.), а обслуживание разговорного тракта при внутренней связи — с помощью шнуровых комплектов (ШК).

Управление коммутационным полем (установление и разрушение соединений), состояниями служебных комплектов, опрос со-

стояния комплектов осуществляется периодически со стороны УК по командам, поступающим по ОКУ.

В состав $ПУУ_3$ входят устройства управления коммутационным полем (УУКП), устройства управления блоком комплектов (УУБК) и сканерное устройство (СУ) для опроса состояния АК, СК, ШК и точек коммутационного поля.

Внешние соединения абонентов станции ИАТСКЭ3 устанавливаются через КП (ступень AB и CD), КСЛ и далее либо по физической СЛ в сторону ЦС, либо по каналам оборудования системы ИКМ-АЦО, УСК. Внутристанционные соединения обслуживаются на различных этапах с помощью СК, а во время разговора с помощью ШК.

Соединительные тракты, образуемые станциями системы «Исток»

Коммутационное поле станций типа 1 и типа 3 содержит не только типичное оборудование квазиэлектронных АТС (СК, ШК, КСЛ), но и такие устройства, которые являются характерными для станций «Исток» и обеспечивают ее универсальные свойства при коммутации аналоговых и цифровых каналов (УСК, АЦО).

Использование коммутационных ступеней, комплектов и другого оборудования, показанного на структурных схемах станций (см. рис. 8.2 и 8.3), выясним при рассмотрении некоторых соединительных трактов между абонентами сети.

При обслуживании вызывающего абонента на этапах подачи в сторону абонентской линии (АЛ) сигнала «Готовность станции», набора номера, подачи сигнала «Контроль посылки вызова» или «Занято», а также при посылке вызываемому абоненту сигнала «Посылка вызова» на станциях типов 1 и 3 устанавливается тракт (рис. 8.4,*а*):

ТА, АЛ, БАЛ-AB, БАЛ-CD, СК.

Абонентский комплект после установления соединительных трактов отключается от абонентской линии. Служебный комплект переводится в определенный режим работы с помощью управляющего оборудования.

При внутристанционном соединении на станции тира 1 разговорный тракт обслуживается ШК, на который возлагаются функции обеспечения питания микрофонных цепей ТА и контроля отбоя. Организуется следующий соединительный тракт (рис. 8.4,*б*):

ТА′, АЛ′, БАЛ-AB, БСЛ-CD, ШК, БСЛ-CD, БАЛ-AB, АЛ″, ТА″.

Оконечное соединение между абонентами станций типов 3 и 1 при организации СЛ с помощью аппаратуры ИКМ устанавливается по тракту (рис. 8.4,*в*):

ТА′, АЛ′, БАЛ-AB, БСЛ-CD, КСЛ, АЦО, $УСК_3$, линейный тракт с ИКМ, $УСК_1$, БСЛ-EF, БСЛ-GH, $УСК_2$, АЦО, КСЛ, БСЛ-СД, БАЛ-AB, АЛ″, ТА″.

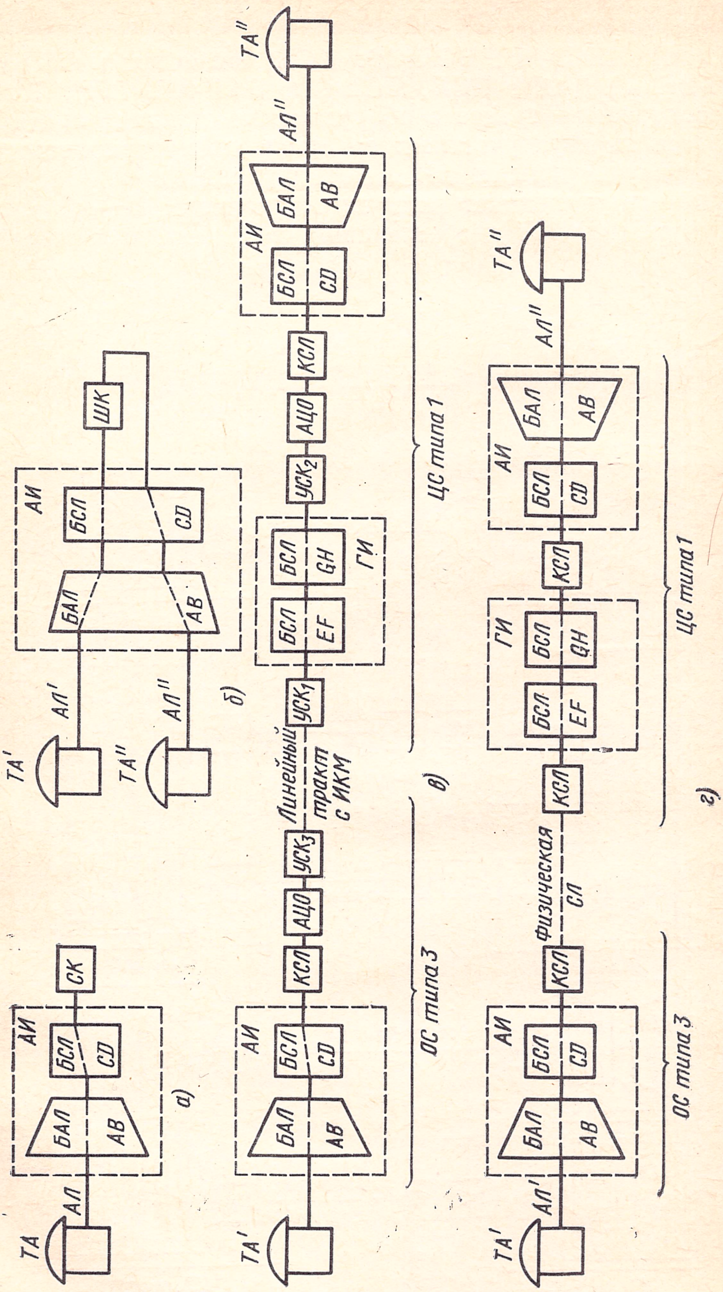
ТА
АЛ
БАЛ
АВ
БСЛ
СD
АИ
СК
а)
ТА'
АЛ'
ТА''
АЛ''
ШК
б)
УСК₁
УСК₂
УСК₃
АЦО
КСЛ
ГИ
EF
GH
Линейный тракт с ИКМ
ОС типа 3
ЦС типа 1
в)
Физическая СЛ
г)

Рис. 8.4

Оконечное соединение между абонентами станций типов 3 и 1 при организации СЛ по физическим цепям устанавливается по тракту (рис. 8.4,*г*):

ТА′, АЛ′, БАЛ-AB, БСЛ-CD, КСЛ, физическая СЛ, КСЛ, БСЛ-EF, БСЛ-GH, КСЛ, БСЛ-CD, БАЛ-AB, АЛ″, ТА″.

В рассмотренном тракте в оборудовании станции типа 1 КСЛ используются на двух участках: на стыке коммутационного поля с СЛ и между ступенями АИ и ГИ. Функции последнего КСЛ ограничены — он выполняет роль одностороннего ШК, т. е. контролирует состояние АЛ и обеспечивает питанием телефонный аппарат ТА.

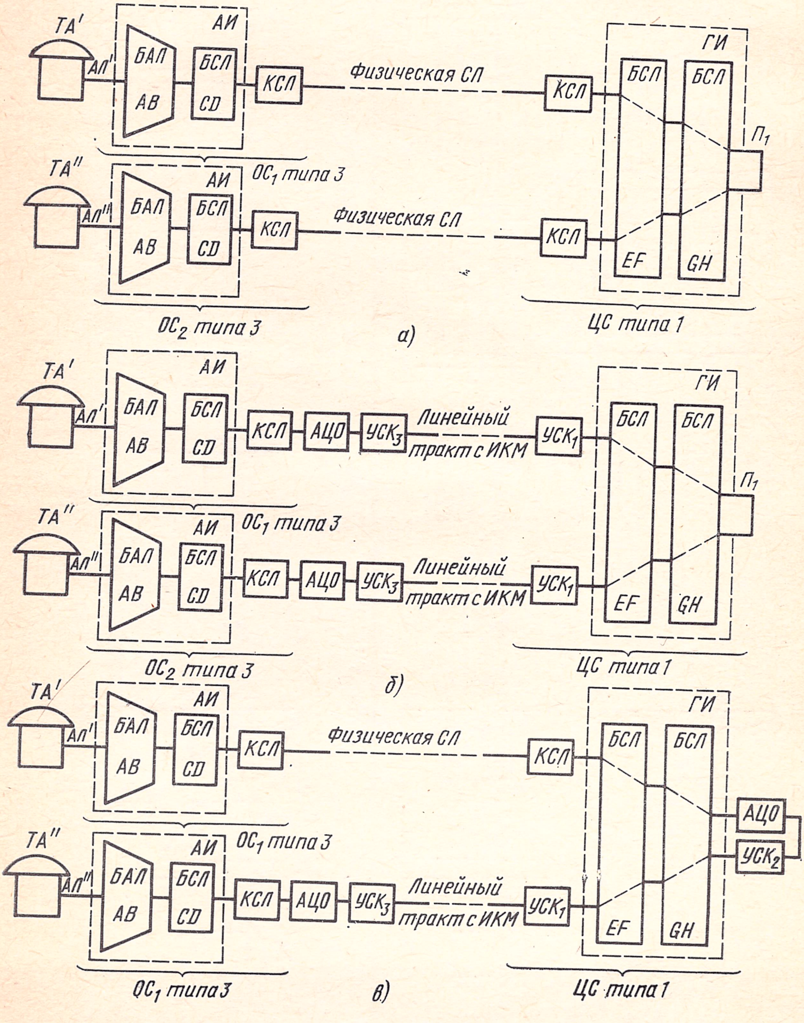

Рис. 8.5

Транзитное соединение для передачи аналоговой информации между оконечными станциями типа 3 при организации СЛ по физическим цепям устанавливается по тракту (рис. 8.5,*а*):

ТА′, АЛ′, БАЛ-АВ, БСЛ-СД, КСЛ, физическая СЛ, КСЛ, БСЛ-EF, БСЛ-GH, перемычка $П_1$, БСЛ-GH, БСЛ-EF, КСЛ, физическая СЛ, КСЛ, БСЛ-CD, БАЛ-АВ, АЛ″, ТА″.

Представленный соединительный тракт является типовым для квазиэлектронных АТС. В коммутационном поле станции типа 1 коммутируются низкочастотные аналоговые сигналы.

Транзитное соединение для передачи цифровой информации между оконечными станциями типа 3 при организации СЛ с помощью аппаратуры ИКМ устанавливается по тракту (рис. 8.5,*б*):

ТА′, АЛ′, БАЛ-АВ, БСЛ-CD, КСЛ, АЦО, $УСК_3$, линейный тракт с ИКМ, $УСК_1$, БСЛ-EF, БСЛ-GH, перемычка $П_1$, БСЛ-GH, БСЛ-EF, $УСК_1$, линейный тракт с ИКМ, $УСК_3$, АЦО, КСЛ, БСЛ-CD, БАЛ-АВ, АЛ″, ТА″.

Нетрудно заметить, что на ступени ГИ станции типа 1 для обоих видов транзитных соединений используются одни и те же коммутационные блоки БСЛ-EF и БСЛ-GH.

Более подробно принцип коммутации цифровых каналов в пространственном КП рассмотрен ниже.

Транзитное соединение для передачи аналого-цифровой информации между оконечными станциями типа 3 при организации СЛ на одном участке по физическим цепям, а на другом с помощью аппаратуры ИКМ устанавливается по тракту (рис. 8.5,*в*):

ТА′, АЛ′, БАЛ-АВ, БСЛ-CD, КСЛ, физические СЛ, КСЛ, БСЛ-EF, БСЛ-GH, АЦО, $УСК_2$, БСЛ-GH, БСЛ-EF, $УСК_1$, линейный тракт с ИКМ, $УСК_3$, АЦО, КСЛ, БСЛ-CD, БАЛ-АВ, АЛ″, ТА″.

Представленное транзитное соединение аналогового канала с цифровым в ступени ГИ станции типа 1 обеспечивается АЦО и $УСК_2$.

Исходящее или входящее соединение абонента станции типа 1 с абонентом существующих АТС устанавливается по тракту:

ТА′, АЛ′, БАЛ-АВ, БСЛ-CD, КСЛ, БСЛ-GH, БСЛ-EF, КСЛ, СЛ к АТС другой системы, оборудование АТС, АЛ″, ТА″.

Обслуживание вызовов на этих этапах, предшествующих установлению разговорного тракта, осуществляются с помощью ступени БСЛ-KL и служебных комплектов этой ступени, которые обеспечивают передачу сигналов управления и линейных сигналов между двумя АТС. При этом могут использоваться различные служебные комплекты — СКГ, СКИ или СКЧ — в зависимости от способа передачи сигналов по СЛ (гальванического, индуктивного или частотного).

Принципы коммутации цифровых разговорных трактов на станции типа ИАТСКЭ1, работающей в интегральном режиме

На интегральной сети, которая строится по радиальной системе (см. рис. 8.1), пучки соединительных линий в отдельных направлениях организуются преимущественно с помощью аппаратуры передачи ИКМ-30. При сравнительно небольшом удалении ОС от ведущей станции (порядка 10 км) возможно использование физических СЛ. Коммутация всех разговорных трактов независимо от способа организации СЛ на станции ИАТСКЭ1 осуществляется в пространственном КП.

Характерной особенностью такого КП является возможность коммутации временны́х каналов между собой без перехода на низкую частоту. Эта особенность заметно повышает экономические показатели сети связи (коммутация временны́х каналов возможна только при синхронной и синфазной работе групповых трактов по всем направлениям интегральной сети).

Функционирование сети в интегральном режиме и отмеченная универсальность КП станции обеспечивается специализированным оборудованием цифрового сопряжения (ОЦС), основными задачами которого являются: формирование временны́х интервалов, коммутации временных каналов и управление ведомыми станциями.

Перечисленные функции выполняются специализированными устройствами ОЦС, которые показаны на структурной схеме взаимодействия станций интегральной сети (рис. 8.6). В состав ОЦС

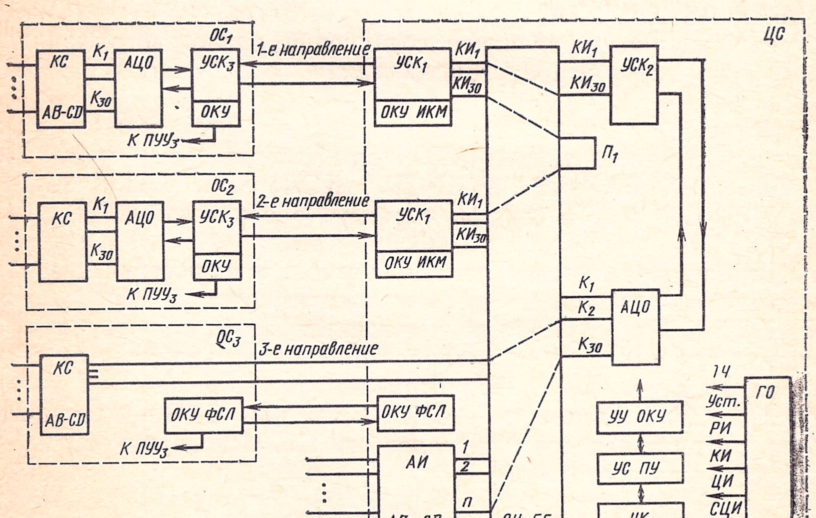

Рис. 8.6

станции входят генераторное оборудование (ГО), устройства сопряжения каналов (УСК) и ОКУ. На схеме показана часть КП ЦС (ступень ГИ, построенная на звеньях GH-EF), а также три направления к оконечным станциям (ОС), причем СЛ к двум из них организованы с помощью аппаратуры ИКМ-30, а к третьей станции используются физические соединительные линии (ФСЛ).

Каждый линейный тракт передачи, организованный системой передачи ИКМ-30, оканчивается устройствами сопряжения каналов $УСК_1$ на центральной станции и $УСК_3$ — на оконечной станции. Эти устройства выполняют прямое и обратное преобразования «время — пространство» для обеспечения возможности коммутации в пространственном КП цифровых канальных сигналов, представленных в пространственной форме.

В состав $УСК_1$ и $УСК_3$ входят также устройства организации общего канала управления (ОКУ), с помощью которого обеспечиваются синхронизация станций и обмен сигналами управления и линейными сигналами между ними. Устройства ОКУ на ЦС связаны с управляющим комплексом через устройства управления ОКУ (УУ ОКУ) и устройства связи с периферийным управлением (УСПУ) (см. рис. 8.2). На ОС устройства ОКУ связаны с ПУУ (см. рис. 8.3).

После преобразования «время — пространство» каждая канальная импульсная последовательность (КИ) с выхода УСК включается на ЦС в пространственное 4-звенное КП ($КИ_1$—$КИ_{30}$ на рис. 8.6).

Транзитные соединения цифровых каналов, входящих в различные цифровые тракты, осуществляется в КП с помощью перемычки $П_1$ (на рис. 8.6 показано соединение $КИ_{30}$ первого направления с $КИ_1$ второго направления).

Соединения между физической СЛ и СЛ с ИКМ производятся с помощью $УСК_2$ и АЦО (см. рис. 8.2), в котором происходят прямое и обратное преобразования «аналог — цифра». Это оборудование входит также в состав оборудования цифрового сопряжения оконечных станций типа ИАТСКЭЗ. В КП оконечных станций сигналы коммутируются только в аналоговой форме.

На центральной станции интегральный режим используется при коммутации транзитного тракта, описанного выше, а также от абонента ОС через СЛ с ИКМ к абоненту ЦС.

Рассмотрим более подробно принципы коммутации временны́х каналов в пространственном КП, а также принципы управления и синхронизации сети, которые обеспечиваются оборудованием цифрового сопряжения.

Временны́е режимы передачи системы ИКМ-30 и системы управления задаются с помощью генераторного оборудования (ГО). Генераторное оборудование вырабатывает ряд импульсных сигналов, состав которых и некоторые параметры приведены на рис. 8.7. Все сигналы, сформированные ГО, обеспечивают работу системы передачи ИКМ-30 и устройств сопряжения каналов. Частота 2048 кГц является тактовой частотой (ТЧ) системы передачи.

Импульсы установки (Уст.) используются для периодической установки распределительных устройств в исходное состояние. Восемь сдвинутых по фазе разрядных импульсных серий (РИ) и 32 канальных импульсных серий (КИ) имеют параметры, указан-

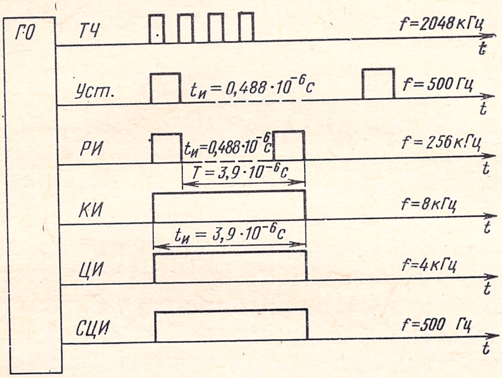

Рис. 8.7

ные на рисунке. Импульсные последовательности, необходимые для фазирования системы передачи, — цикловые импульсы (ЦИ), выдаваемые один раз за два цикла передачи (f=4 кГц), и сверхцикловые импульсы (СЦИ), выдаваемые один раз за 16 циклов передачи (f=500 Гц), также указаны на рисунке. Цикловые импульсы используются для передачи по первому каналу синхрослова, которое включается с периодом T=250 мкс, т. е. через цикл, и используется для фазирования системы ИКМ-30. С помощью сверхцикловых импульсов передается по 16-му каналу фазирующее сверхцикловое слово.

Возможность установления соединительных трактов между аналоговыми каналами без перехода на низкую частоту в КП обеспечивается благодаря устройствам сопряжения каналов ($УСК_1$), которые выполняют преобразование сигналов «время — пространство». В этих устройствах решаются две проблемы: понижение тактовой частоты временны́х каналов вдвое (с 2048 до 1024 кГц) и переход от четырехпроводной системы к двухпроводной. Необходимость понижения тактовой частоты обусловлена ограниченной полосой пропускания коммутационного поля станции типа 1, которая составляет 1500 кГц. Перевод четырехпроводных временны́х каналов в двухпроводные осуществляется в УСК путем дополнительного временно́го разделения направлений передачи и приема (сверхуплотнение или мультиплексирование), благодаря чему соединения между различными каналами могут происходить в двухпроводной КС. Таким образом, УСК выполняет преобразования, необходимые для согласования временны́х каналов с пространственным КП.

Сущность изложенных решений иллюстрируется с помощью

временных диаграмм рис. 8.8. Весь цикл передачи (125 мкс) в результате деления тактовой частоты соответствует 16 канальным интервалам (вместо 32), так как длительность канальных и разрядных интервалов увеличивается в 2 раза. Каждый из канальных интервалов, за исключением одного (в данном примере третьего), жестко закрепленного за данным каналом, соответствует в направлении передачи одному и тому же слову. Таким образом, на выходе УСК, который соответствует одному временно́му каналу, в течение одного цикла передачи 15 раз повторяется одна и та же первоначальная кодовая комбинация. Время одного канального интервала, когда передатчик не работает, отводится для приема информации противоположного канала, с которым скоммутирован рассматриваемый канал.

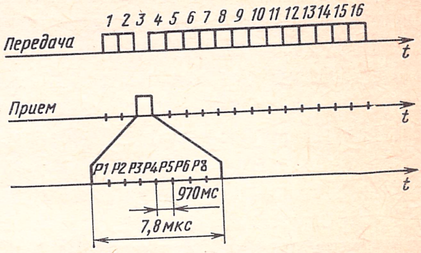

Рис. 8.8.

Передатчик противоположного канала имеет подобную структуру цикла передачи, только свободный канальный интервал должен быть другим, т. е. в противном случае не может состояться обмен информацией. Следовательно, одноименные каналы в таком КП соединять нельзя. Кроме того, временно́й интервал одного канала в УСК занимает два канальных интервала в групповом тракте, поэтому каждый канал одного направления не может быть скоммутирован с двумя смежными каналами другого направления. Ограничение доступности вследствие отмеченных бло-

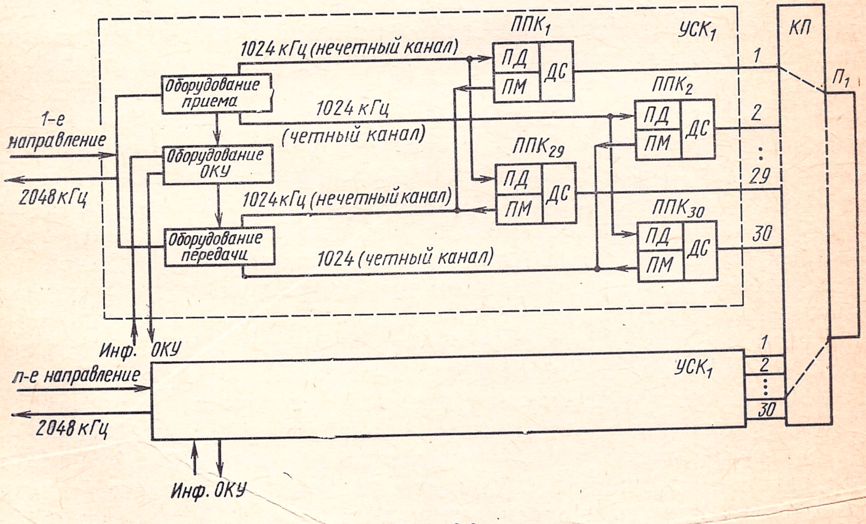

Рис. 8.9

кировок практически не оказывает влияния на увеличение потерь в КП.

Принцип соединения двух временных каналов показан на рис. 8.9, из которого видна также структура $УСК_1$. В состав $УСК_1$ входят: оборудование приема, оборудование передачи, оборудование ОКУ, приемопередатчики канальные (ППК), содержащие передатчик (ПД), приемник (ПМ) и дифсистему (ДС).

Линейный сигнал направления передачи и приема имеет тактовую частоту 2048 кГц. В оборудовании приема происходит выделение из группового сигнала циклового синхрослова и сигналов ОКУ, а также разделение 30 временных каналов на нечетные и четные каналы с понижением тактовой частоты до 1024 кГц. В ППК происходит согласование четырехпроводного тракта передачи с двухпроводным входом КП. В передатчике ППК производятся выделение из группового сигнала кодового слова канала и его циклическое повторение 15 раз в течение цикла передачи с перерывом в один интервал, который отведен для приема (см. рис. 8.8). В этот интервал открывается приемник и происходит прием кодового слова от передатчика другого УСК, связанного с приемником через КП.

В оборудовании передачи все сигналы, принятые из ППК нечетных и четных каналов, объединяются в групповой сигнал. В этот сигнал вводятся также информация ОКУ, цикловые и сверхцикловые синхрослова; кроме того, повышается тактовая частота до 2048 кГц.

Система сигнализации в станции системы «Исток»

Рассмотрим структуру системы сигнализации по общему каналу на примере ее реализации в отечественных станциях системы «Исток». Интегральная цифровая сеть связи с использованием станций системы «Исток» на территории сельского района (или на части его территории) строится по радиальной схеме (см. рис. 6.1). В качестве узлов $У^{II}$ (см. рис. 6.1) используются станции типа 1 (ведущие станции сети), а в качестве узлов $У^{III}$ — станции типа 3 (ведомые станции по управлению). Станции типа 3 небольшой емкости и выполняют роль концентраторов нагрузки с замыканием внутренних сообщений. Центральное управляющее устройство станции типа 1 обменивается сигнальной информацией с оконечными станциями типа 3 по общему каналу управления (ОКУ).

Системой связи предусмотрена организация ИЦСС, в которой число направлений к $У^{III}$ может достигать 32.

Общий канал управления (рис. 8.10) содержит индивидуальное оборудование для каждого направления связи ($ОКУ_1$—$ОКУ_{32}$) и групповую часть — управляющее устройство (УУ ОКУ). Последнее обслуживает 16 индивидуальных направлений сигнализации, поэтому при организации ИЦСС на 32 направления необходимо иметь два комплекта ОКУ.

Скорость обработки и выдачи информации из управляющего комплекса (УК) значительно выше скорости передачи по индивидуальным направлениям ОКУ, поэтому устройство связи (УС) управляющего комплекса с оборудованием ОКУ, а также УУ ОКУ обеспечивают не только распределение информации по индивиду-

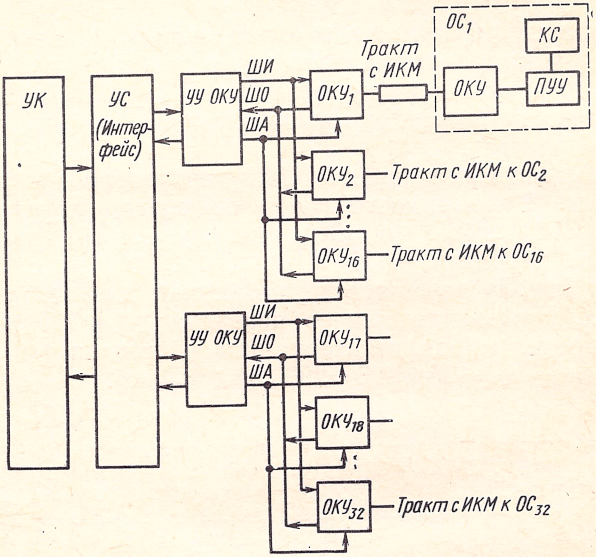

Рис. 8.10

альным направлениям, но также ее временное хранение в буферных устройствах памяти (регистрах). Для этой цели УУ ОКУ содержит информационные регистры, программное устройство, адресные регистры, благодаря чему осуществляется в определенной очередности загрузка информационных регистров индивидуальных направлений ОКУ. В дальнейшем в оконечных устройствах ОКУ производится выдача последовательным способом содержимого регистров ОКУ в линейный тракт передачи. Скорость выдачи определяется параметрами 16-го временнóго канала аппаратуры ИКМ-30 и составляет 64 кбит/с.

Для обслуживания одного соединения требуется передать в сторону ОС 24 бита информации. За один цикл передачи ($T = 125$ мкс) по каналу передается 8 бит информации, поэтому для передачи всего блока данных в регистры ОС выделяются три цикла передачи. Шестнадцать разрядов переданного 24-разрядного слова используются для переноса информации, а восемь разрядов — для передачи адреса регистра в управляющем оборудовании ОС.

В направлении от ОС в сторону управляющего комплекса по обратному каналу передается ответная информация. Она представляет собой 17-разрядное слово, в котором кроме контрольного

бита содержится информация о состоянии оборудования ОС — абонентских комплектов, шнуровых и служебных комплектов и т. д. (информация сканирования оборудования). На ведущей станции информация от ОС записывается в приемнике ОКУ и в параллельном виде вводится в УК после некоторых преобразований.

Новые команды управления и сканирования, подлежащие передаче в каждом направлении, вводятся в регистры каждого ОКУ через 2 мс, в то время как их перезапись в групповой канал производится в течение 1 мс, благодаря чему ОКУ с УК работают в асинхронном режиме.

Временна́я диаграмма работы ОКУ приведена на рис. 8.11. Команда в виде 24-разрядного слова по частям передается последовательным способом по 16-му каналу. Для этого выделяются три цикла передачи — $Ц_2$, $Ц_3$ и $Ц_4$. В первом цикле передачи по 16-му каналу выделяется комбинация для сверхцикловой синхронизации. Нумерация циклов передачи ($T_ц=125$ мкс) производится в пределах одного сверхцикла, длительность которого равна 16 циклам ($T_{сц}=16\times125=2000$ мкс$=2$ мс).

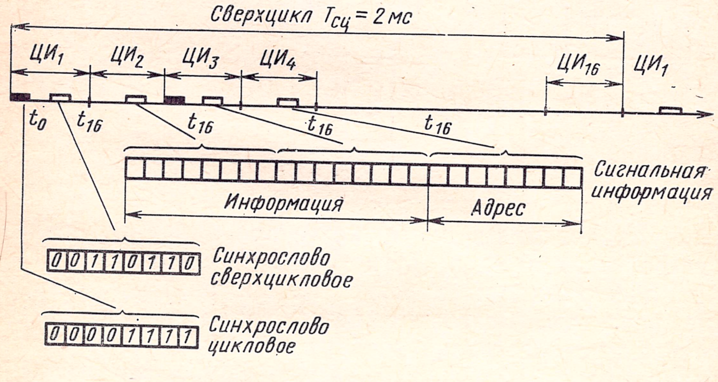

Рис. 8.11

В начале каждого сверхцикла (в интервале $Ц_1$) по 16-му каналу передается специальная кодовая комбинация (00001111), по которой производятся фазирование приемного оборудования оконечной станции и его подготовка к приему нового блока данных.

Цикловая синхронизация осуществляется путем выдачи по первому каналу специальной комбинации (0011011), которая передается через один цикл, т. е. с периодом 250 мкс.

Функционирование станций системы «Исток» в процессе обслуживания вызовов

Установление соединения на АТС с программным управлением обеспечивается двумя типами управляющих устройств — ЦУУ и ПУУ, КП и комплектами АК, СК, ШК, КСЛ. По сравнению с

координатными АТС это накладывает свои особенности на алгоритм обслуживания соединений, распределение функций между устройствами управляющего оборудования и порядок взаимодействия различных устройств.

При описании процессов установления соединений в станциях системы «Исток» введем понятие этапа установления соединения и этапа обслуживания вызова, которые осуществляются оборудованием АТС. Под этапом обслуживания вызова (ЭОВ) понимают последовательность действий, выполняемых управляющими устройствами, для перевода коммутационного оборудования из одного состояния в другое. Под этапом установления соединения (ЭУС) понимают некоторое состояние КП и его комплектов, участвующих в данный момент в обслуживании вызова. Это состояние сопровождается определенными выходными сигналами. Таким образом, ЭУС реализуется коммутационным оборудованием АТС.

На рис. 8.12 приведена диаграмма взаимодействия вызывающего абонента, ПУУ, управляющего комплекса, КП и комплектов (АК, СК) в процессе установления соединения на станции системы «Исток».

Исходное состояние АК и КП (e_0) изменяется после снятия абонентом микротелефонной трубки вследствие срабатывания линейного реле в АК. Этап обслуживания вызова E_{01} длится в течение времени срабатывания линейного реле в АК. Обнаружение вызова и его дальнейшее обслуживание (E_{12}) выполняются по инициативе УК 4310, который периодически формирует команды сканирования комплектов всех станций сети и передает их с помощью ОКУ в ПУУ оконечной станции. Сканерное устройство ПУУ оконечной станции (см. рис. 8.3) опрашивает состояние АК и передает по ОКУ результаты сканирования в УК 4310.

Управляющий комплекс 4310 с помощью программных средств обнаруживает АК с признаком вызова, ищет свободный служебный комплект (СК), соединительные пути между АК и СК в блоках БАЛ и БСЛ. Данные о состоянии перечисленных объектов КП хранятся в оперативной памяти УК 4310. После этого УК 4310 формирует команду включения соединительного тракта между АК и СК, содержащую информацию о тракте в КП, режиме работы выбранного СК и передает ее в ПУУ$_3$ по ОКУ.

В ПУУ$_3$ команда фиксируется и с помощью отдельных блоков выполняются операции: включения с помощью УУ КС соединительного тракта через БАЛ и БСЛ с одновременным отключением АК от АЛ; установки с помощью УУ БК выбранного СК в состояние посылки вызывающему абоненту сигнала «Готовность станции» (ГС). Этап обслуживания вызова E_{12} закончен.

В результате этих действий в КП устанавливается соединительный тракт АЛ—КС—СК, абонент получает из СК сигнал ГС. Это состояние e_2 продолжается до набора номера вызывающим абонентом.

Служебный комплект переводится в состояние e_3 в результате набора номера вызывающим абонентом. Этап обслуживания

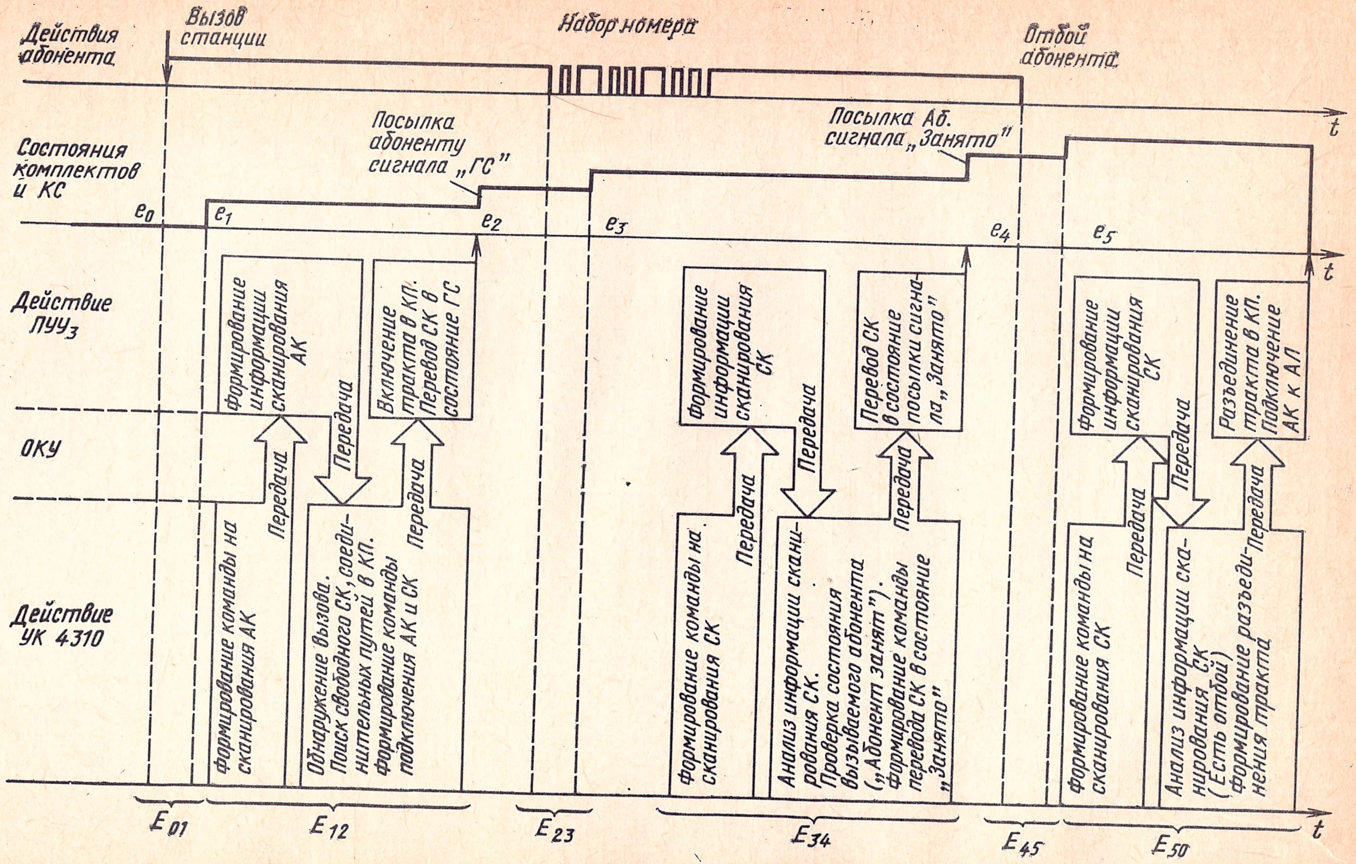
Действия абонента
Вызов станции
Набор номера
Отбой абонента
Состояния комплектов и КС
Посылка абоненту сигнала „ГС"
Посылка Аб. сигнала „Занято"
e_0
e_1
e_2
e_3
e_4
e_5
t
Действие ЛУУ$_3$
Формирование информации сканирования АК
Включение тракта в КП. Перевод СК в состояние ГС
Формирование информации сканирования СК
Перевод СК в состояние посылки сигнала „Занято"
Формирование информации сканирования СК
Разъединение тракта в КП. Подключение АК к АЛ
ОКУ
Передача
Действие УК 4310
Формирование команды на сканирования АК
Обнаружение вызова. Поиск свободного СК, соединительных путей в КП. Формирование команды подключения АК и СК
Формирование команды на сканирования СК
Анализ информации сканирования СК. Проверка состояния вызываемого абонента („Абонент занят"). Формирование команды перевода СК в состояние „Занято"
Формирование команды на сканирования СК
Анализ информации сканирования СК (Есть отбой) Формирование разъединения тракта
E_{01}
E_{12}
E_{23}
E_{34}
E_{45}
E_{50}

Рис. 8.12

вызова E_{23} на временно́й диаграмме изображен более длительным по отношению к импульсам набора номера. В действительности переход СК из состояния e_2 к e_3 происходит во время первого разрыва АЛ.

Во время набора номера УК периодически формирует команды сканирования СК и анализирует результат опроса. Частота включения команд сканирования СК на этапе E_{34} достаточно большая для того, чтобы каждый импульс набора номера мог быть опрошен подряд не менее чем 2 раза. После этого импульс в серии набираемого номера считается принятым. Этап обслуживания вызова E_{34} выполняется до конца только после окончания набора номера, которое обнаруживается программным путем. Состояние вызываемого абонента отмечено в оперативной памяти УК. Основные операции, выполняемые на этапе E_{34}, указан на диаграмме. Служебный комплект, обслуживающий вызывающего абонента, переводится в состояние посылки акустического сигнала «Занято», т. е. на ЭУС e_4 с помощью $ПУУ_3$, которое получает команду из УК по ОКУ.

Переход СК к новому состоянию e_5 осуществляется в результате отбоя абонента, получающего сигнал «Занято». Этап обслуживания вызова E_{45} формируется в самом СК.

Разъединение после отбоя, т. е. перевод СК КП и АК в исходное состояние производится в результате выполнения ЭОВ E_{50}, который так же, как и этапы E_{12}, E_{34}, инициируется управляющим комплексом.

Диаграмма процесса установления соединения (см. рис. 8.12) дает наглядное представление о принципах формирования и выполнения тех ЭОВ (например, E_{12}, E_{34}, E_{50}), которые осуществляются управляющим оборудованием — УК и ПУУ. Каждый из указанных ЭОВ представляет собой законченный цикл взаимодействия УК с ПУУ, состоящий из действий следующей последовательности: формирование и передача в ПУУ команды сканирования (опроса) комплектов; получение ответной информации из ПУУ, анализ и обработка ее в УК; формирование и выдача в ПУУ команды о переходе к новому ЭУС; выполнение команды в КП и СК (или других комплектах станции) с помощью ПУУ.

Установление соединения на опорной станции типа 1 происходит в том же порядке, что и станция типа 3. Взаимодействие УК с ПУУ опорной станции типа 1 и ПУУ всех оконечных станций сети типа 3, работающих в интегральном режиме, возможно лишь при синхронной работе всей сети, которая обеспечивается системой синхронизации.

8.3. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ТИПА DX-200

Общая характеристика системы DX-200. Система DX-200 является полностью цифровой системой коммутации, разработанной специалистами фирмы Telenokia (Финляндия). Станции системы DX-200 имеют две модификации: DX-210 и DX-220. Станция

DX-210 может выполнять функции концентратора, опорной АТС и узловой станции. При использовании станции DX-210 в качестве концентратора или опорной АТС в нее могут включаться от 100 до 4000 АЛ с возможностью расширения модулями по 64 АЛ. Максимальная пропускная способность станции DX-210 составляет 455 Эрл. При использовании станции DX-210 в качестве узловой общая емкость коммутируемых соединительных линий может достигать 480 (16 трактов ИКМ-30). Переход от модификации DX-210 к DX-220 осуществляется путем расширения объема коммутационного и управляющего оборудования.

Станция DX-220, выполняющая функции опорной, может обслуживать от 500 до 40 000 абонентов, создающих нагрузку до 1500 Эрл. При использовании станции DX-220 в качестве узловой в нее могут включаться до 6000 соединительных линий.

Комплекс оборудования системы DX-200 предназначается для использования на ГТС СССР в качестве: районных АТС с подстанциями (концентраторами); узлов исходящего сообщения (УИС), узлов входящего сообщения (УВС), узлов заказно-соединительных линий (УЗСЛ), узлов входящего междугородного сообщения (УВСМ); совмещенных узлов (УИВС), объединяющих вышеперечисленные функции; совмещенных станций, объединяющих функции районных АТС и узлов.

Оборудование системы DX-200 предназначено для работы на нерайонированных и районированных сетях с узлообразованием и без него. При этом на сети может использоваться пяти—семизначная, а также смешанная нумерация.

Оборудование системы DX-200 обеспечивает взаимную связь с однотипными станциями, а также с АТСКЭ «Кварц», АТСЭ МТ-20. Возможна организация связи со всеми типами существующих АМТС (АМТС-1М, АМТС-2, АМТС-3, ARM-20, АМТСКЭ). Связь с оборудованием системы DX-200 может осуществляться по линиям, оборудованным каналами с ИКМ. При необходимости включения в систему DX-200 аналоговых соединительных линий (физических двух—четырехпроводных и соединительных линий с частотным разделением каналов) на входе системы устанавливаются блоки подключения СЛ, выполняющие функции согласования между аналоговыми линиями и цифровым КП.

В оборудование концентраторов и опорных станций системы DX-200 могут включаться АЛ, линии монетных автоматов (местные и междугородные), линии районных переговорных пунктов с серийным исканием по входящей связи, группы АЛ учреждений и предприятий с возможностью использования сокращенной нумерации при связи между собой и соединительные линии с УПАТС, РАТС и узловыми станциями.

Управляющее оборудование системы DX-200 имеет модульную структуру и содержит ряд микро-ЭВМ, реализованных на микропроцессорах и выполняющих различные функции.

В системе DX-200 предусматривается учет стоимости местных и междугородных разговоров. Специального оборудования

для определения номера вызывающего абонента в системе DX-200 не предусматривается; эта функция выполняется в управляющем оборудовании системы.

Структурная схема системы DX-200. Система DX-200 состоит из четырех функциональных блоков (рис. 8.13): ступени абонентского искания (АИ); блока подключения соединительных линий; блока обработки вызовов, содержащего КП и управляющие микро-ЭВМ; центра технической эксплуатации (ЦТЭ).

Ступень АИ предназначена для включения АЛ в КП станции. На ступени АИ осуществляются аналого-цифровое преобразование сигналов и концентрация нагрузки. Если ступень АИ располагается совместно с оборудованием опорной АТС, то она называется местной ступенью АИ. Если ступень АИ располагается на расстоянии от оборудования опорной АТС, то она называется удаленной ступенью АИ и соединяется с опорной АТС по каналам ИКМ.

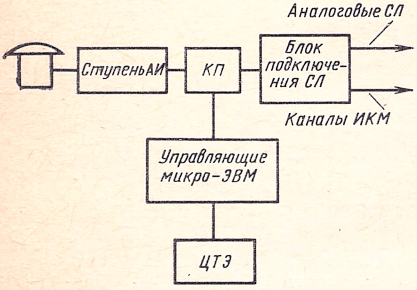

Рис. 8.13

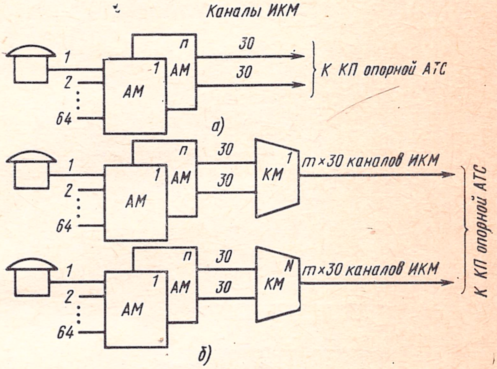

Рис. 8.14

В станции DX-210 ступень АИ состоит из абонентских модулей (АМ) емкостью 64 АЛ, каждый из которых подключается к КП опорной АТС по одному тракту ИКМ (рис. 8.14,*а*). В станции DX-220 ступень АИ кроме абонентских модулей содержит также коммутационные модули (КМ), каждый из которых подключается к КП опорной АТС по нескольким трактам ИКМ (рис. 8.14,*б*). Количество исходящих трактов каждого КМ определяется нагрузкой, создаваемой абонентами, включаемыми в ступень АИ. В зависимости от общей емкости АТС в станцию DX-220 может быть включено несколько ступеней АИ. При этом каждая ступень АИ образует независимый коммутационный блок емкостью 4096 абонентских линий.

Блок подключения СЛ предназначен для электрического согласования и синхронизации цифровых и аналоговых СЛ с оборудованием АТС. Оборудование блока подключения СЛ идентично для станций DX-210 и DX-220.

Блок обработки вызовов является основным узлом системы DX-200, так как он выполняет основные коммутационные и управляющие функции. Оборудование этого блока состоит из КП, управляющих микро-ЭВМ и дополнительных устройств.

Коммутационное поле предназначено для взаимной коммутации временны́х каналов ИКМ, включенных в его входы и выходы. Коммутационное поле содержит ступень группового искания (ГИ), комплектуемую из полнодоступных, неблокирующих модулей емкостью 32×32, на входы и выходы которых подключаются тракты ИКМ. Увеличение емкости КП в системе DX-200 осуществляется путем установки нескольких модулей 32×32. Максимальная емкость КП в станции DX-210 составляет 96 трактов ИКМ, а в станции DX-220 — 256 трактов ИКМ. На рис. 8.15,*а* показан базовый модуль 32×32, из которого комплектуется КП любой требуемой емкости. Возможные варианты компановки модулей показаны на рис. 8.15,*б*—*г*. При этом КП, изображенные на рис. 8.15,*б* и 8.15,*г*, — полнодоступные, а на рис. 8.15,*в* — с ограниченной доступностью.

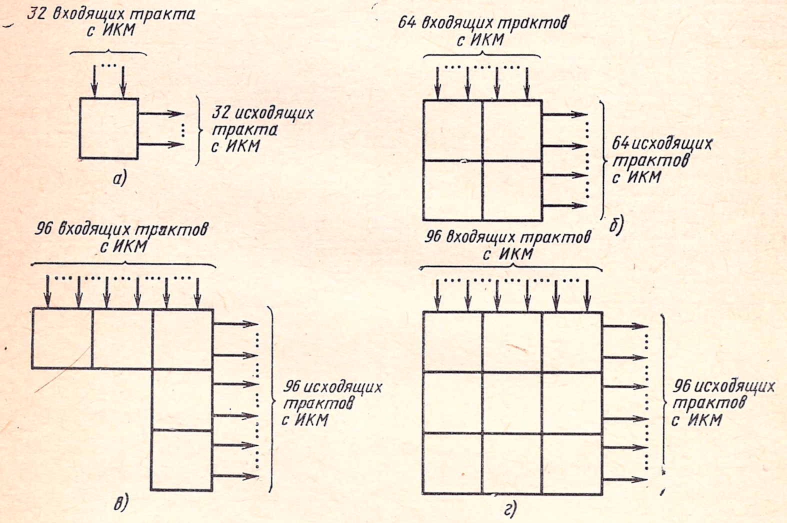

Рис. 8.15

Управляющие функции в системе DX-200 следующие: управление ступенью АИ и абонентской сигнализацией; обработка оперативной информации для осуществления процесса установления соединения; обработка линейной сигнализации; обработка общеканальной сигнализации; управление КП; обработка и хранение полупостоянных данных; сбор статистических данных.

Указанные функции выполняются либо одной, либо несколькими микро-ЭВМ, построенными на основе стандартных процессоров. В станции DX-210, которая предназначена для обслужива-

ния небольшой нагрузки, все семь выше перечисленных функций выполняет одна микро-ЭВМ. В станции DX-220 реализация каждой функции осуществляется отдельным управляющим блоком, выполненным на микро-ЭВМ. Все семь микро-ЭВМ в этой станции объединены общей шиной, как это показано на рис. 8.16. Рассмотрим подробнее функции, выполняемые каждым блоком.

Блок управления ступенью АИ предназначен для согласования работы ступени АИ с оборудованием опорной станции. В его функции входят управление установлением соединения на ступени АИ, учет стоимости разговоров и управление комплектами конференц-связи (ККС). Каждый блок управления ступенью АИ управляет одним блоком АИ, рассчитанным на включение 4096 абонентских линий. Поэтому общее число блоков управления ступенью АИ на станции зависит от общего числа блоков АИ.

Блок регистров представляет собой устройство, аналогичное по своим функциям регистрам координатных АТС. В системе DX-200 блок регистров может одновременно обслуживать до 32 вызовов. Общее число блоков регистров на станции зависит от числа по-

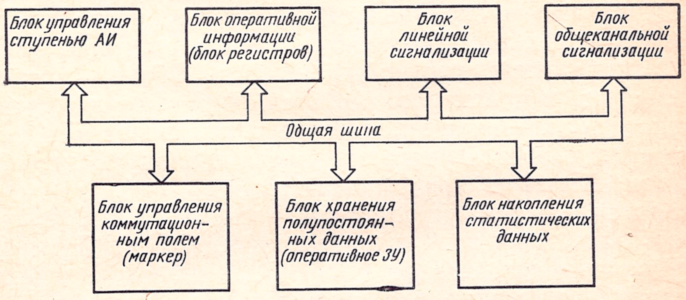

Рис. 8.16

ступающих вызовов. Поскольку блоки регистров функционируют независимо друг от друга, они могут быть дублированы по принципу $(N+1)$.

В функции блока линейной сигнализации входит обработка линейных сигналов и сигналов управления, передаваемых по 16-му каналу каждого коммутируемого через станцию тракта ИКМ. Один блок линейной сигнализации рассчитан на обработку сигналов, поступающих по 480 разговорным каналам 16 трактов ИКМ. Каждый блок линейной сигнализации может подключаться через КП к любому тракту ИКМ и работать независимо друг от друга. Поэтому дублирование данных блоков произведено по принципу $(N+1)$.

Блок общеканальной сигнализации выполняет те же функции, что и блок линейной сигнализации, с той лишь разницей, что он обрабатывает сигналы, передаваемые только в коде № 7 МККТТ. Общее число блоков общеканальной сигнализации зависит от чи-

сла каналов, работающих в коде № 7 МККТТ. Для обеспечения требуемой надежности блок дублируется по принципу $(N+1)$.

Маркер осуществляет пробу соединительного пути в КП станции, а также установление и разъединение соединений. В случае необходимости маркер может контролировать правильность установленного соединения. В одной станции предусматривается установка двух маркеров, которые закрепляются за разными частями коммутационного оборудования и работают независимо друг от друга. Дублирование маркеров производится по принципу $(N+1)$.

Оперативное ЗУ (ОЗУ) содержит таблицы, в которых записаны данные об абонентских и соединительных линиях, включенных в станцию, структуре сети и кодах выбора направлений. Данными этих таблиц пользуются в основном блоки регистров в процессе установления соединения. Указанные таблицы размещены в ЗУ с произвольной выборкой. Объем ОЗУ зависит от емкости станции и структуры сети, на которой она установлена. Для обеспечения требуемой надежности ОЗУ дублировано.

В функции блока накопления статических данных входят сбор данных о нагрузке, учет стоимости разговоров, а также управление счетчиками числа занятий различных устройств на станции, в том числе и счетчиками числа непрохождений. Блок накопления статистических данных дублирован. Обе его части работают независимо, и в них размещаются одни и те же данные. При необходимости тарификации отдельных разговоров или снятия данных контроля процесса учета стоимости к блоку может быть подключен накопитель на магнитной ленте.

К дополнительным устройствам системы DX-200 относятся блок многочастотных приемопередатчиков (БМЧПП) и блок приемников тастатурного набора (БПТН). Блок многочастотных приемопередатчиков служит для приема и обработки линейных сигналов и сигналов управления, поступающих на станции системы DX-200 многочастотным способом кодом «2 из 6». Каждый БМЧПП эквивалентен 16 индивидуальным приемопередатчикам и работает под управлением блока регистров. Блок приемников тастатурного набора предназначен для приема номерной информации от телефонных аппаратов с кнопочными номеронабирателями. Один блок БПТН эквивалентен 16 индивидуальным приемникам тастатурного набора и работает, как и БМЧПП, под управлением блока регистров. Общее число БМЧПП на станции зависит от числа вызовов, для которых требуется осуществлять обмен информацией многочастотным кодом «2 из 6». Общее число БПТН зависит от числа вызовов, создаваемых абонентами, имеющими телефонные аппараты с кнопочными номеронабирателями. Дублирование указанных блоков производится по принципу $(N+1)$.

На станциях системы DX-200 предусматривается установка генератора тональных сигналов (ГТС) для формирования в цифровом виде до 16 различных тональных сигналов. В ГТС содержится встроенное устройство контроля, которое следит за его исправностью. Для обеспечения требуемой надежности ГТС дублирован.

Контроль за работой станций DX-210 и DX-220 осуществляет ЭВМ технической эксплуатации (ЭВМ ТЭ), которая производит обработку аварийных сигналов, диагностику неисправностей и управление процессом восстановления работы станции в аварийных ситуациях. Кроме того, ЭВМ ТЭ обеспечивает общение оператора с оборудованием станции с помощью устройства отображения и печатающих устройств.

Развернутая структурная схема станции DX-220 показана на рис. 8.17. Коммутационное оборудование станции DX-220 можно разбить на две функциональные части: ступень АИ и ступень ГИ.

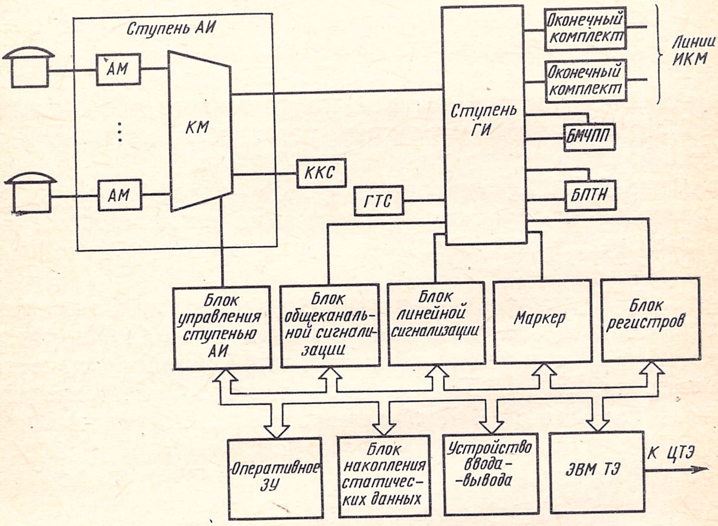

Рис. 8.17

На станции могут устанавливаться от одной до нескольких ступеней АИ в зависимости от общей емкости АТС. К одной ступени АИ подключается 4096 абонентских линий. Назначением ступени ГИ является коммутация через станцию транзитных соединений. Если в станцию DX-220 не включается АЛ, то она содержит только ступень ГИ. Ступень ГИ помимо коммутации разговорных сигналов обеспечивает коммутацию тональных сигналов, передаваемых в сторону абонентских и соединительных линий. Через ступень ГИ могут осуществляться также соединения с многочастотными приемопередатчиками и приемниками тастатурного набора. К выходам ступени ГИ подключаются оконечные комплекты, предназначенные для электрического согласования линий ИКМ с оборудованием АТС.

Коммутационное оборудование станции DX-210 комплектуется из тех же блоков, что и станции DX-220. На станции DX-210 вместо микропроцессорных блоков управления используется одна

дублированная микро-ЭВМ. Эта замена позволяет более экономично использовать программное обеспечение на станциях небольших емкостей. По емкости станция DX-210 соответствует емкости одной ступени АИ станции DX-220, т. е. в одну станцию DX-210 могут включаться 4096 абонентских линий и до 16 трактов ИКМ.

Организация совместной работы станций системы DX-200 со станциями электромеханических систем. При организации совместной работы цифровых станций системы DX-200 со станциями электромеханических систем необходимо произвести согласование их систем сигнализации и аналого-цифровое преобразование разговорных каналов.

Если между рассматриваемыми системами АТС используется аналоговый тракт передачи, то все согласующие устройства устанавливаются на станции системы DX-200. Если же взаимосвязь аналоговых и цифровых станций осуществляется по каналам с ИКМ, то согласующие устройства устанавливаются на электромеханических станциях.

В системе DX-200 аналого-цифровое преобразование разговорных каналов и обработка информации сигнализации, передаваемой многочастотным способом, выполняются обычной аппаратурой ИКМ-30.

На рис. 8.18 показаны различные способы подключения аналоговых каналов к оборудованию системы DX-200. На рис. 8.18,*а* показан способ подключения аналоговых каналов с частотным разделением каналов (ЧРК) к оборудованию системы DX-200. Аналоговые каналы с ЧРК подключаются непосредственно к бло-

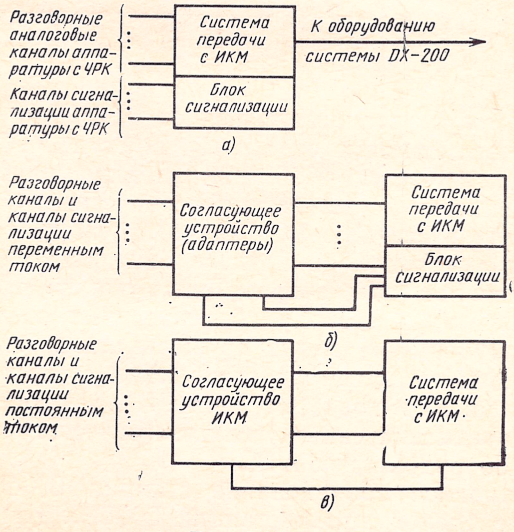

Рис. 8.18

кам сигнализации аппаратуры ИКМ без использования каких-либо специальных согласующих устройств. В блоках сигнализации осуществляется преобразование принимаемых сигналов в цифровую информацию, передаваемую по 16-му каналу аппаратуры с ИКМ.

Если же сигнализация осуществляется переменным током, то для подключения каналов сигнализации к оборудованию аппаратуры ИКМ-30 требуется наличие согласующих устройств (рис. 8.18,*б*). В согласующих устройствах осуществляется преобразование сигналов переменного тока, поступающих по физическим линиям в оборудование системы DX-200, в цифровую форму. В качестве согласующих устройств используются обычные адаптеры.

Если сигнальная информация поступает в оборудование системы DX-200 в виде сигналов постоянного тока, то на станциях этой системы устанавливаются согласующие устройства ИКМ (рис. 8.18,*в*). Последние преобразуют линейные и управляющие сигналы, поступающие от станций электромеханических систем постоянным током, в цифровые сигналы, передаваемые по 16-му каналу аппаратуры ИКМ. В этом случае в аппаратуре ИКМ не требуется установка блока сигнализации, как это имело место в двух предыдущих случаях.

Блок сигнализации и согласующее устройство ИКМ являются стандартными блоками, которые могут использоваться и для других целей.

Организация технической эксплуатации станций системы DX-200. Техническая эксплуатация станций системы DX-200 может быть организована различными способами. Это зависит прежде всего от числа установленных на сети станций системы DX-200 и от тех целей, которые ставит администрация сети перед обслуживающим персоналом.

Если в эксплуатации на сети находится только одна станция системы DX-200, а все остальные станции являются станциями электромеханических систем, то ее эксплуатацию можно организовать следующим образом. Совместно с управляющим оборудованием станции размещают ЭВМ технической эксплуатации (ЭВМ ТЭ), а устройства отображения (терминалы) помещают либо в здании самой станции, либо в центре технического обслуживания (ЦТО), откуда осуществляется наблюдение за работой оборудования станций электромеханических систем (рис. 8.19). В последнем случае взаимосвязь ЭВМ ТЭ с устройствами отображения, размещаемыми на ЦТО, осуществляется по каналам передачи данных.

В случае установки в одном узловом районе нескольких станций системы DX-200 их эксплуатацию целесообразно осуществлять из ЦТО, где рекомендуется устанавливать все устройства отображения и печатающие устройства (рис. 8.20). При этом с помощью одного и того же терминала можно обмениваться со всеми обслуживаемыми станциями и на одно и то же печатающее устрой-

ство можно выводить аварийные сигналы, поступающие с различных станций. Это достигается за счет установки в ЦТО управляющего устройства терминалами, выполняющего функции коммутатора сообщений, через которое по каналам передачи данных осуществляется обмен информацией между ЭВМ ТЭ, установленными на обслуживаемых станциях, и устройствами отображения и печатающими устройствами, установленными на ЦТО.

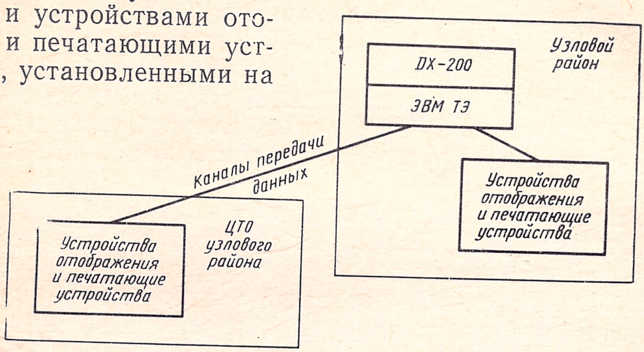

Рис. 8.19

Если станции системы DX-200 установлены в различных узловых районах совместно со станциями электромеханических систем, то их эксплуатацию рекомендуется организовывать следующим образом. На ЦТО каждого узлового района, в котором имеются станции системы DX-200, должны быть установлены управляющие

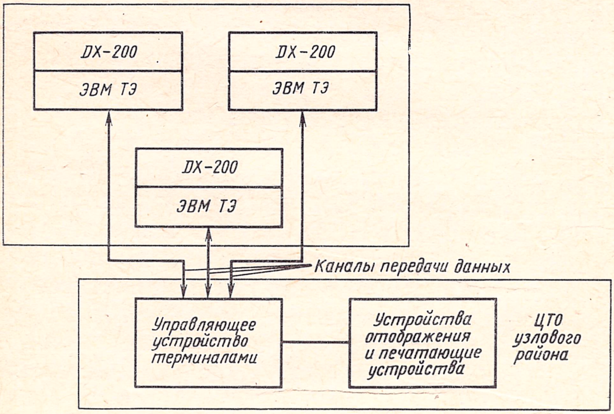

Рис. 8.20

устройства терминалами, через которые осуществляется обмен информацией между ЭВМ ТЭ каждой станции и устройствами отображения и печатающими устройствами, размещаемыми в одном главном ЦТО (рис. 8.21). При этом в главном ЦТО устанавли-

ваются устройства управления терминалами, аналогичные тем, которые установлены в ЦТО узлового района.

В зависимости от требований администрации сети устройства отображения и печатающие устройства могут сосредоточиваться либо только в главном ЦТО, либо частично располагаться на ЦТО узлового района.

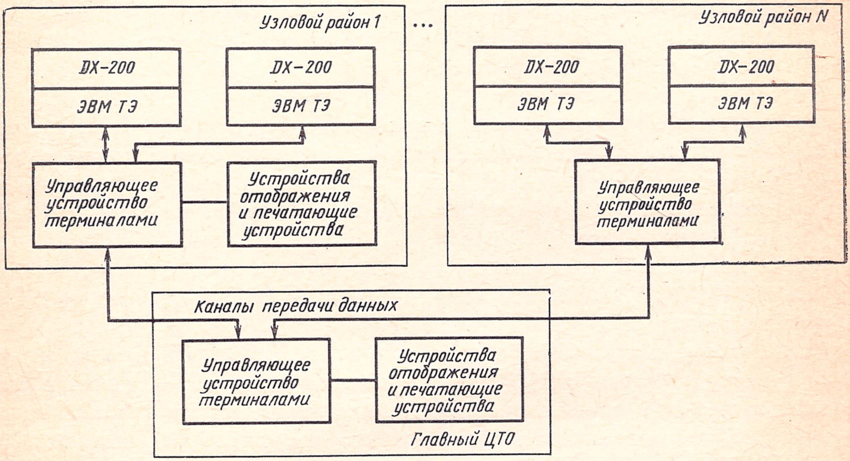

Рис. 8.21

8.4. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ КОММУТАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ТИПА МТ-20/25

Назначение и основные параметры

Система МТ-20/25 является электронной системой коммутации, разработанной специалистами фирмы Thomson-CSF (Франция). Система МТ-20/25 предназначена для построения ЭУК следующих типов: районных АТС с подстанциями (концентраторами); узлов исходящего сообщения (УИС), узлов входящего сообщения (УВС), узлов заказно-соединительных линий (УЗСЛ), узлов входящего междугородного сообщения (УВСМ); совмещенных узлов (УИВС), объединяющих вышеперечисленные функции; совмещенных станций, объединяющих функции районных АТС и узлов.

Оборудование станций системы МТ-20/25 предназначено для работы на нерайонированных и районированных сетях с узлообразованием и без него. При этом на сети может использоваться пяти-, шести-, семизначная, а также смешанная нумерация.

Оборудование системы МТ-20/25 обеспечивает взаимную связь с однотипными станциями, а также с существующими типами АТС (АТСДШ, АТСК) и новыми типами АТС (АТСКЭ «Кварц», АТСЭ типа DX-200). Возможна организация связи со всеми типами существующих АМТС (АМТС-1М, АМТС-2, АМТС-3, АРМ-20, АМТСКЭ).

Оборудование электронных станций системы МТ-20/25 может включаться в оборудование узлов входящего и исходящего сообщений местной и междугородной связи, узлов спецслужбы и сельско-пригородной связи.

В оборудование концентраторов и опорных станций системы МТ-20/25 могут включаться абонентские линии, линии монетных автоматов, линии районных переговорных пунктов с серийным исканием по входящей связи, соединительные линии с УПАТС, РАТС и узловыми станциями. Включение абонентских линий спаренных телефонных аппаратов не предусматривается.

Структура коммутационного поля и управляющих устройств обеспечивает возможность построения станций емкостью от 768 до 64 000 абонентских линий с удельной интенсивностью нагрузки на одну линию, равной 0,15 Эрл. В оборудование станций системы МТ-20/25 могут включаться от 32 до 2048 трактов с ИКМ, в том числе тракты межстанционной связи, тракты связи с концентраторами и тракты подключения вспомогательного станционного оборудования. Станции системы МТ-20/25 позволяют включать соединительные линии с удельной интенсивностью нагрузки 0,7 Эрл.

Число направлений, включаемых в станционное и узловое оборудование системы МТ-20/25, СЛ в каждом направлении и кодов для выбора направлений не ограничено.

Управляющее оборудование системы МТ-20/25 состоит из двух электронных управляющих машин типа 3202. Обе машины работают в режиме с разделением нагрузки. В случае остановки одной из них всю нагрузку обслуживает другая. Производительноость управляющего комплекса составляет 320 000 вызовов в ЧНН.

В системе МТ-20/25 предусматривается учет стоимости местных и междугородных разговоров. Специального оборудования для определения номера вызывающего абонента в системе не имеется, так как эту функцию выполняет управляющее оборудование.

Оборудование системы МТ-20/25 предоставляет абонентам большой выбор дополнительных видов обслуживания: сокращенный набор номера, сопровождающий вызов, автоматическую передачу вызова на другой номер при занятости вызываемого абонента, запрет по исходящей или входящей связи, установку на ожидание освобождения вызываемого абонента, автоматическую побудку, конференц-связь и т. д.

В оборудовании системы МТ-20/25 обеспечиваются автоматическая проверка исправности всего оборудования, измерение электрических параметров абонентских и соединительных линий и учет нагрузки.

Структурная схема

Общие сведения. Оборудование системы МТ-20/25 можно разбить на следующие основные функциональные блоки (рис. 8.22): коммутационное поле, центральное управляющее устройство, устройство сопряжения, оборудование сигнализации, абонентские концентраторы и оборудование синхронизации. Рассмотрим назначение отдельных функциональных блоков.

Коммутационное поле в системе МТ-20/25 в зависимости от общей емкости станции имеет структуру «время — время» (В-В) или «время — пространство — время» (В-П-В). Коммутационное поле предназначено для взаимного соединения в фиксированные интервалы времени входных и выходных трактов с

ИКМ, по которым передаются разговорные сигналы, линейные сигналы и сигналы управления в 8-разрядном двоичном коде.

Центральное управляющее устройство осуществляет функции по обнаружению заявок на обслуживание со стороны входящих и исходящих линий, включенных на входы и выходы КП, нахождение промежуточных путей в КП, определению вида необходимой сигнализации для обслуживания вызовов, определению и локализации неисправностей и формированию необходимых команд уп-

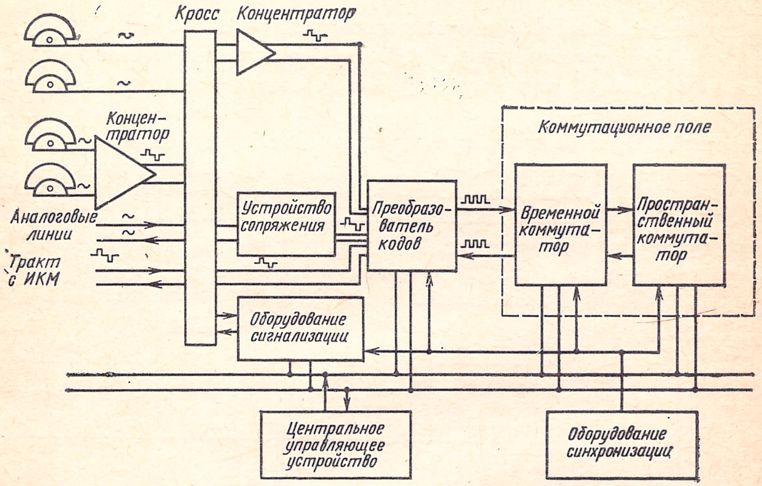

Рис. 8.22

равления и контроля. Кроме того, ЦУУ, работающее в режиме разделения нагрузки, осуществляет распределение коммутационных блоков КП между двумя процессорами ЦУУ, обеспечивает тарификацию разговоров, дополнительные виды обслуживания и реализует необходимые процедуры по техническому обслуживанию ЭУК.

Устройство сопряжения предназначено для преобразования речевых сигналов и сигналов управления из аналоговой формы в цифровую, поступающих в КП по соединительным линиям от других станций, пультов операторов по техобслуживанию системы. В обратном направлении от КП в сторону аналоговых линий устройство сопряжения выполняет обратную задачу. Для абонентских линий функции устройств сопряжения выполняют абонентские концентраторы.

Оборудование сигнализации предназначено для формирования и обмена линейными сигналами и сигналами управления между однотипными станциями и станциями электромеханических систем. Оборудование сигнализации выполняет функции приема, преобразования и передачи линейных сигналов и сигналов управления в направлении со стороны аналоговых или цифровых соединительных линий к ЦУУ, а также и в обратном направлении.

Абонентские концентраторы, применяемые в системе МТ-20/25, могут быть двух видов: местные и удаленные. Местные концентраторы устанавливаются совместно с оборудованием ЭУК, а удаленные — в местах наибольшей концентрации абонентской нагрузки. Концентраторы обоих видов предназначены для определения состояния вызова или отбоя со стороны абонентской линии, оп-

ределения и передачи в ЭУК номеров вызывающего и вызываемого абонентов, формирования вызывного сигнала, концентрации нагрузки и преобразования аналоговых сигналов в цифровую форму и наоборот, переключения абонентских линий на контрольно-испытательное оборудование, переполюсовки разговорных проводов в случае включения в концентратор таксофонов.

Оборудование синхронизации обеспечивает формирование тактовых импульсов и распределение их по функциональным блокам станции для обеспечения их синхронной работы на всех этапах обслуживания вызовов.

Коммутационное поле. Коммутационное поле (КП) (рис. 8.23) осуществляет соединение в фиксированные временны́е интервалы разговорных каналов и содержит следующие устройства: временны́е коммутаторы передачи и приема, исходящие и входящие интерфейсы, пространственный коммутатор, устройство выбора ветвей КП, микропрограммные управляющие устройства.

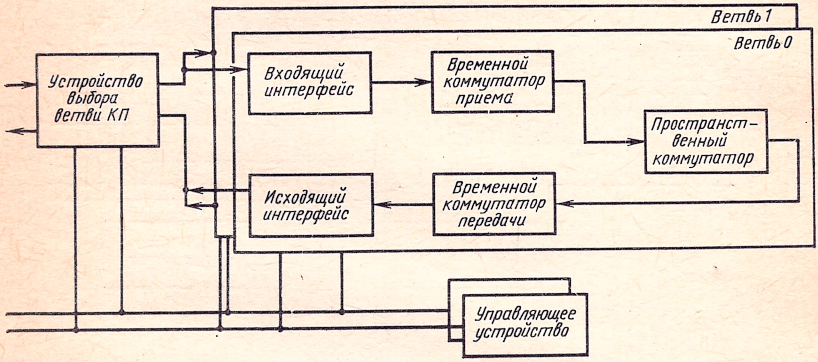

Рис. 8.23

При установлении каждого соединения в КП требуется образовать два соединительных пути: один в направлении приема, а второй — в направлении передачи. При этом соединение устанавливается по двум независимым ветвям, образующим КП, обеспечивая тем самым высокую надежность КП. Распределение вызовов между ветвями КП осуществляется в случайном порядке.

Абонентские концентраторы. Структурная схема концентратора абонентских линий представлена на рис. 8.24. В состав абонентского концентратора входят: абонентские комплекты, концентратор амплитудно-импульсной модуляции, кодек, цифровой концентратор, система управления, оборудование общего канала сигнализации.

В абонентских комплектах обеспечивается защита абонентских линий от недопустимых перенапряжений, питание микрофона и контроль за состоянием абонентской линии. В системе МТ-20/25 имеются два типа абонентских комплектов для включения обычных абонентских линий и линий от таксофонов.

Концентратор АИМ преобразует аналоговые сигналы от 64 абонентских линий в АИМ сигналы и осуществляет концентрацию нагрузки от 64 АЛ в один 30-канальный тракт с АИМ.

Кодек производит кодирование АИМ сигналов в сигналы ИКМ, которые затем передаются в цифровой концентратор.

Цифровой концентратор представляет собой КП с временны́м разделением каналов, предназначенное для коммутации трактов с ИКМ, идущих от 12 абонентских групп (по 64 АЛ), на один тракт с ИКМ, связывающий абонентский концентратор с КП. Общее число трактов с ИКМ, включенных на выход цифрового коммутатора, может колебаться от двух до шести и зависит от нагрузки, поступающей от абонентов, структурного состава абонентов, общей емкости станции и нормы потерь.

Система управления абонентского концентратора состоит из микропроцессора, маркера и определителя-распределителя. Определитель-распределитель сканирует состояние абонентских линий для определения состояния вызова, отбоя, разговора. Маркер управляет установлением соединения через КП абонентского концентратора. Координацию работы всего оборудования системы управления осуществляет микропроцессор.

Сигналы управления и линейные сигналы между оборудованием абонентского концентратора и остальным оборудованием станции передаются по ОКС, организуемому в сигнальном канале тракта с ИКМ.

Электропитание основного оборудования станций типа МТ-20/25 осуществляется постоянным током напряжения 60±6 В и пульсацией, не превышающей 5 мВ псоф. Электропитание вентиляторов на стойках оборудования и периферийных устройств управляющего комплекса (накопители на магнитных лентах, магнитных дисках, телетайпы, перфораторы) осуществляется переменным током 220/380 В с частотой 50 Гц.

Профилактическое ручное обслуживание на станциях системы МТ-20/25 сведено к минимуму и касается только внешних устройств управляющего комплекса и фильтров вентиляторов.

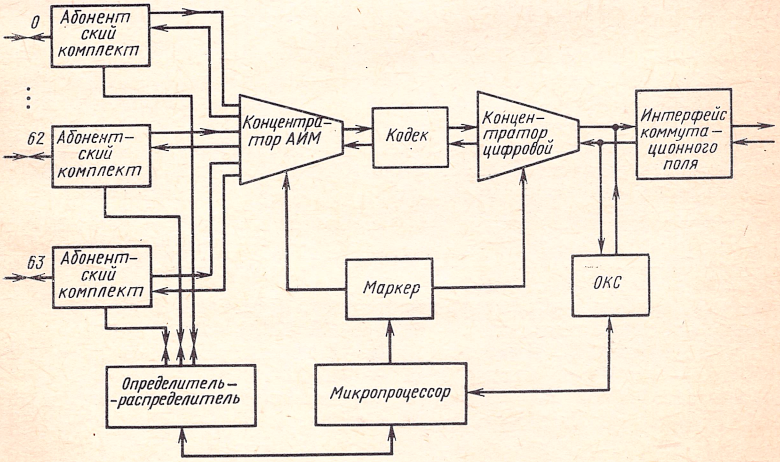

Рис. 8.24

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Соболев О. А., Фань Гэн-линь.** Электронные АТС интегрально-цифровых сетей связи. — Л.: ЛЭИС, 1977. — 49 с.
2. **Прагер Э., Шимек Б., Дмитриев В. П.** Цифровая техника в связи: Пер. с чешского/Под ред. В. В. Маркова. — М.: Радио и связь, 1981. — 280 с.
3. **Оганян Л. Н., Ермаков А. И., Задеенюк Э. Б.** Аппаратура системы цифровой передачи ИКМ-30. — Л.: ВКАС, 1977. — 62 с.
4. **Левин Л. С., Плоткин М. А.** Основы построения цифровых систем передачи. — М.: Связь, 1975. — 175 с.
5. **Нейман В. И.** Основные направления развития сетей и техники электросвязи. — Итоги науки и техники. Сер. Электросвязь, 1982, т. 12, с. 3—63.
6. **Иносэ Х.** Интегральные цифровые сети связи. Введение в теорию и практику: Пер. с англ. — М.: Радио и связь, 1982. — 320 с.
7. **Цифровые** системы передачи. Пер. с польск./Под ред. В. Маевского, Е. Милка. — М.: Связь, 1979. — 264 с.
8. **Ершов В. А.** Коммутация на интегральной цифровой сети связи. — М.: Связь, 1978. — 255 с.
9. **Хоббс М.** Современные системы коммутации в электросвязи: Пер. с англ. — М.: Связь, 1978. — 327 с.
10. **Лазарев В. Г.** Электронная коммутация и управление в узлах связи. — М.: Связь, 1974. — 271 с.
11. **Лутов М. Ф., Жарков М. А., Юнаков П. А.** Квазиэлектронные и электронные АТС. — М.: Радио и связь, 1982. — 262 с.
12. **Аваков Р. А., Гольденберг Л. М., Игнатьев В. О.** Электронные управляющие машины. — М.: Связь, 1979. — 224 с.
13. **Бескинд А. А., Шляпоберский В. И., Штагер В. В.** Построение и использование управляющих комплексов семейства «Нева». — Электросвязь, 1979, № 7, с. 27—30.
14. **Игнатьев В. О., Алексеев Б. Е., Россиков В. В.** Програмное обеспечение АТС. — М.: Радио и связь, 1981. — 176 с.
15. **Хиллс М. Т., Кано С.** Программирование для электронных систем коммутации: Пер. с англ. — М.: Связь, 1980. — 248 с.
16. **Аваков Р. А., Фань Гэн-линь, Чагаев Н. С.** Программное обеспечение процессов обслуживания вызовов в узлах коммутации. — Л.: ЛЭИС, 1977. — 49 с.
17. **Лазарев В. Г., Савин Г. Г.** Сети связи, управление и коммутация. — М.: Связь, 1973. — 264 с.
18. **ГОСТ** 22670—77. Сеть связи цифровая интегральная. Термины и определения. — М., 1977. — 38 с.
19. **Цифровая** система коммутации EWSD. — Зарубежная техника связи. Сер. Телефония, телеграфия, передача данных. Вып. 8. — М., 1981. — 32 с.
20. **Синхронизация** цифровой сети связи. — Зарубежная техника связи. Сер. Телефония, телеграфия и передача данных. Вып. 3. — М., 1982. — 32 с.
21. **Теория** сетей связи: Учебник для вузов/В. Н. Рогинский, А. Д. Харкевич, М. А. Шнепс, Г. Б. Давыдов, А. Я. Толчан; Под ред. В. Н. Рогинского. — М.: Радио и связь, 1981. — 192 с.
22. **Ершова Э. Б.** Интегральные цифровые сети и системы связи. Ч. 1. Интегральные цифровые сети связи. — М.: МЭИС, 1982. — 78 с.
23. **Прагер Э., Шимек Б., Дмитриев В. П.** Цифровая техника в связи: Пер. с чешского. — М.: Радио и связь, 1981. — 280 с.
24. **Система** телефонной сигнализации по общему каналу (Система ОКС)/ М. А. Жарков, В. Л. Морев, М. Н. Стоянов и др. — М.: Связь, 1975. — 96 с.
25. **Оранжевая** книга. Т. VI.1. Телефонная сигнализация и коммутация. МККТТ. — М.: Связь, 1979. — 68 с.
26. **Оранжевая** книга. Т. VI.2. Спецификация системы сигнализации № 6. МККТТ. — М.: Связь, 1980. — 132 с.
27. **Интегральная** квазиэлектронная аналого-цифровая система связи — ИКЭ АЦСС. — Электросвязь, 1975, № 10, 11, с. 8—13.

28. **Мисуловин Л. Я.** Структура управляющих устройств с записанной программой для АТС. — Электросвязь, 1977, № 2, с. 36—40.
29. **Мисуловин Л. Я., Макаров В. В., Бакланов Ю. А.** Результаты испытаний интегральной аналого-цифровой системы связи ЕСС АЦ «Исток». — Электросвязь, 1981, № 9, с. 4—10.
30. **Многократный** гезаконовый соединитель/Л. Я. Мисуловин, И. И. Панин, Л. А. Ковалев, С. С. Коднер, А. Э. Гроза. — Электросвязь, 1982, № 4, с. 22—25.
31. **Система** электронной коммутации Е10: Пер. с польск. — М.: Радио и связь, 1983. — 320 с.
32. **Штагер В. В.** Электронные системы коммутации аналого-цифровых систем. — М.: Радио и связь, 1983. — 000 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие 3
Введение 4
1. Принципы образования импульсных каналов 7
1.1. Аналоговые методы импульсной модуляции 7
1.2 Цифровые методы преобразования аналоговых сигналов . . . 10
1.3. Структура цифрового сигнала в групповом тракте системы передачи с ИКМ 16
2. Структурные схемы электронных АТС с программным управлением . 19
2.1. Общие положения 19
2.2. Обобщенные структурные схемы концентратора и цифровой АТСЭ 21
2.3. Процесс обслуживания вызовов на цифровых АТСЭ 28
3. Коммутационные поля ЭУК ИЦСС 31
3.1. Принципы цифровой коммутации 31
3.2. Структуры коммутационных блоков 35
3.3. Структуры коммутационных полей 43
3.4. Взаимосвязь прямого и обратного путей в КП ИЦСС . . . 47
4. Принципы управления на цифровых АТСЭ 50
4.1. Тенденции развития управляющего оборудования в автоматических системах коммутации 50
4.2. Электронная управляющая машина цифровых АТСЭ . . . 52
4.3. Система команд ЭУМ 57
4.4. Устройства промежуточного оборудования цифровых АТСЭ . . 67
5. Программная организация процессов обслуживания вызовов на цифровых АТСЭ 77
5.1. Программное обеспечение ЭУМ АТСЭ 77
5.2. Многоэтапный процесс обслуживания вызовов и многопрограммное управление на цифровых АТСЭ 80
5.3. Обобщенная схема программной организации процессов обслуживания вызовов 84
6. Интегральная цифровая сеть связи 87
6.1. Классификация сетей связи 87
6.2. Принципы организации цифровых сетей связи 88
6.3. Структура интегральной цифровой сети связи 89
6.4. Синхронизация цифровой сети 91
6.5. Синхронизация цифровых каналов в групповом тракте системы передачи с ИКМ 93
7. Совместная работа ЭУК ИЦСС и станций аналоговых телефонных сетей 95
7.1. Основные этапы развития систем сигнализации 95
7.2. Использование трактов с ИКМ для передачи функциональных сигналов при связи с АТС электромеханических систем 99
7.3. Организация ОКС на цифровых сетях 102
8. Электронные узлы коммутации местных сетей связи 108
8.1. Общие сведения 108
8.2. Интегральные квазиэлектронные автоматические телефонные станции системы «Исток» 108
8.3. Принципы построения типа DX-200 127
8.4. Принципы построения коммутационной системы типа МТ-20/25 137
Список литературы 142

35 к.

ЭЛЕКТРОННО-ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ КОММУТАЦИИ